

射线实时成像检验技术在复合材料 桨叶检测中的实践运用

Application of Ray Real-Time Imaging Inspection Technology in Composites Blade

中航工业昌河飞机工业集团公司 胡保花 李 萌



胡保花

毕业于南昌航空工业学院,现任昌河飞机工业(集团)公司无损检测检测技术员,主要从事X射线检测技术工作,并参加过国家多个重要型号复合材料桨叶的研制。

复合材料的迅速普及与应用,为复合材料及产品的检测提出了越来越高的要求。近年来射线检测方法的不断更新与快速发展,使得射线检测能力和检测范围都有不同程度的提高。由于射线检测具有影像直观、便于保存等特点,射线检测仍然是复合材料无损检测最直接、最有效的检测方法之一。其依据被检工件的成分、密度、厚度等不同,对射线产生不

同的吸收或散射的特性和被检工件的质量、尺寸、特性等做出判断。

采用射线实时成像检验技术对复合材料桨叶进行射线检测,与采用射线照相检测技术检测复合材料桨叶相比,采用实时成像检验技术检测复合材料桨叶缩短了检测时间,提高了工作效率。

同的吸收或散射的特性和被检工件的质量、尺寸、特性等做出判断。

射线实时成像检验技术

射线实时成像检验技术,是随着成像物体的变动图像迅速改变的电子学成像方法,即在透照的同时就可观察到所产生的图像的检验方法^[1]。图1所示为实时成像检验系统构成示意图。

1 射线检测的基本原理

当强度均匀的射线束透照射物体时,如果物体局部区域存在缺陷或结构存在差异,它将改变物体对射线的衰减,使得不同部位透射射线强度不同,这样,采用一定的检测器检测

透射射线强度,就可以判断物体内部的缺陷和物体分布等^[1]。

2 射线实时成像检验技术的特点

射线实时成像检验技术的主要优点是动态快速检验,采用闪烁晶体或荧光物质与光电倍增器构成检测器拾取信号,直接得到数字化图像,可进行近似实时的质量评定^[1]。

射线实时成像检验技术在复合材料桨叶检测中的实践运用

1 缩短了复合材料桨叶的检测时间,大大提高了工作效率

采用射线实时成像检验技术对复合材料桨叶进行射线检测,与采用射线照相检测技术检测复合材料桨

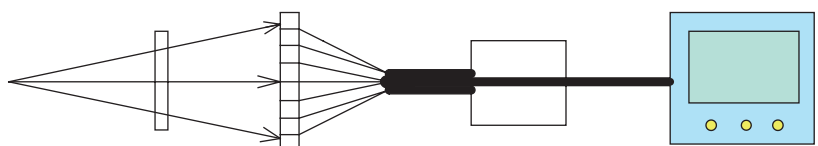


图1 实时成像检验系统构成示意图

叶相比,采用实时成像检验技术检测复合材料桨叶缩短了检测时间,提高了工作效率。主要体现在2个方面:

(1)省去了胶片剪裁、包装时间和胶片暗室处理时间。

采用射线照相检验技术检测每片复合材料桨叶所需的胶片剪裁、包装时间和胶片暗室处理时间至少为140min,而采用射线实时成像检验技术不需要胶片。

(2)缩短了检测时间。

复合材料为低密度材料,采用射线照相检验技术检测复合材料桨叶时,为了得到质量较好的底片,只有在射线能够穿透零件的条件下选用较低的能量,采用较大的曝光量对复合材料桨叶进行检测,这样才可以得到更好质量的射线底片,其影像清晰。按每片桨叶平均透照40次计算,透照一片桨叶需240min。而采用射线实时成像检验技术,零件被检测时,由射线转换器得到的信号,经A/D变换(或已直接完成数字化)送图像处理部分,通过图像数据处理改进图像质量;并通过计算机、软件和一些辅助设备(如监视器、摄像机等),实现对整个射线实时成像检验系统的检验过程的控制。这样,图像每次成像时间约6s,大大提高了工作效率。

2 降低了成本,节约了能源

与射线实时成像检验技术相比,采用射线照相检验技术检测复合材料桨叶需要使用胶片,检测每片复合材料桨叶平均所需胶片费用至少560元,按检测20片复合材料桨叶计算,所需的胶片费用至少需11200元。另外,曝光后的胶片需进行暗室处理,期间还需产生一定量的胶片处理用溶液的费用。而采用射线实时成像检验技术对复合材料桨叶进行检测,只需将所得图像存储在电脑中或经刻录后存储在光盘中,每张光盘约10元,而每张光盘至少可存储20片桨叶图像。

3 零件各结构单元配合状态图像显示更清晰、检测效果更好

一般来说,复合材料制件的制作工艺不同于金属件,其内部缺陷同样与制作工艺密切相关。制作工艺不同,产生的缺陷也存在差异。缠绕法、铺层法等是制作构件的常用工艺,所以选择透照方法时,应考虑工件的加工工艺或成形工艺特点可能产生的缺陷特点,选择最有利于发现缺陷的方向进行透照^[1]。

复合材料的透照方法有:垂直透照法(即中心射线束垂直透照制件的透照方法)、平行透照法(即中心射线束与锥形件的轴线或制件的铺层方向平行的透照方法)、切线透照法(即中心射线束与锥形件、筒形件和管形件的圆弧面相切的透照方法)、斜线透照法(即中心射线束与筒形件和容器制件的中心轴成一定倾角的透照方法)^[2]。

结合复合材料桨叶的X射线检测,根据检测要求和铺层方向,主要采用垂直透照法和平行透照法。如检测各结构元件的放置配合状态、铺设状态等,就必须采用不同的透照方法。检测复合材料的纤维可能发生的断裂、纤维分布是否均匀等,采用垂直透照法(见图2);检测纤维的分层、结构单元的对接状况等,采用平行透照法等(见图3)。

在实际检测中,采用射线实时成

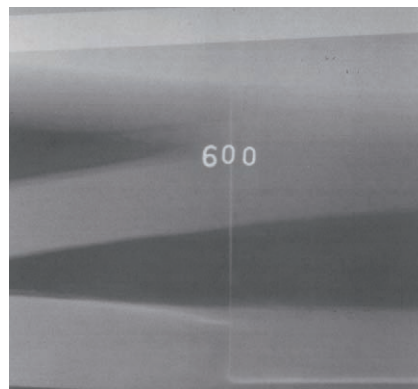


图2 垂直透照法

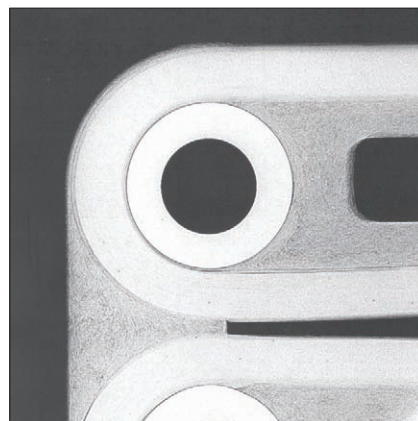
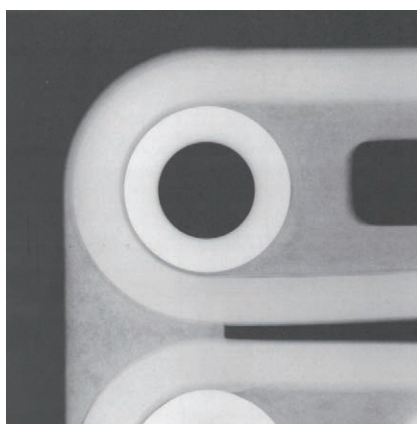


图3 平行透照法

像检验技术时,可以对所得到的图像有选择性地选择一定的过滤器(如Sharp)对图像进行处理,根据处理后图像所得的效果来观察所需要的零件各结构单元间的配合状态(见图4)。而采用射线照相检验技术检测零件的同一部位(见图5),其检测效果不如采用射线实时成像检验技术检测时所得的图像的效果好(见图4



(a)处理前图像



(b)处理后图像

图4 采用射线实时成像检验技术检测零件

(b))。通过对图4(b)、图5的比较,可以看出,采用射线实时成像检验技术检测零件的效果比采用射线照相检验技术检测时的效果好。另外,当需要检测所确定的相邻两者间的配合状态时,可以通过调整相应的工装的位置有选择性地对零件进行透照。

如需确定零件各结构单元的配合状态,可以调整工装角度、移动工装、移动零件,通过屏幕显示的实时图像确定所需要的图像。如检测结构单元4、5间的配合状态,通过工装调整等得到图3所示图像;同样检测结构单元2、3间的配合状态时得到图6所示图像。而当采用射线照相检验技术时,如需检测结构单元2、3间的配合状态时,很难把握射线源与结构单元2、3间间隙的垂直度,这样往往得到的图像不如意(见图5),即使重新透照也很难保证能得到满意的检测图像。而当检测结构单元

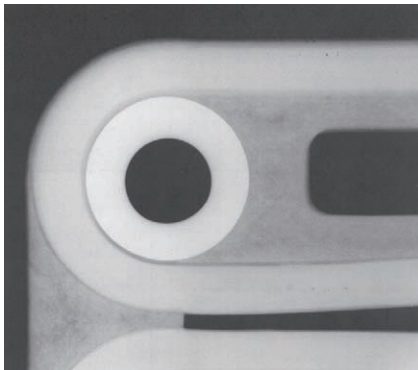


图5 采用射线照相检验技术检测零件

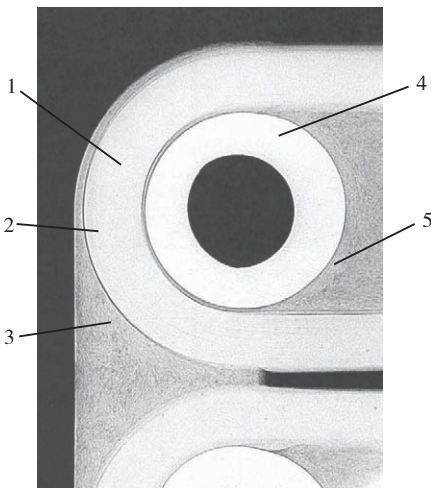


图6 零件结构单元2、3间的配合状态图像

5上下两结构件之间配合状态时,由于该透照部位采用平行透照方法,零件在此透照方向的透照厚度相对较厚,而透照电压又有其限定值,这样透照时所得图像对比度不明显,见图7。为了达到零件的检测要求,通过调整图像的灰度值、显示范围等,并结合图像的显示形式选择和保存图像(见图7、图8)来实现。

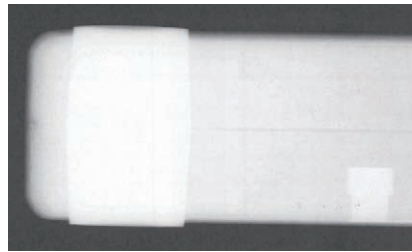


图7 图像的负片显示形式



图8 图像的正片显示形式

通过上述比较可知,采用射线实时成像检验技术检测复合材料桨叶所得图像更清晰,检测效果更好。

4 辐射防护更安全

辐射,即通常所称的射线。对于工业射线检测技术,在辐射防护方面面对的主要问题是外照射防护。辐射作用于生物体时由于电离作用,将造成生物体的细胞、组织、品管等的损伤,引起病理反应,产生辐射生物效应。

由于复合材料桨叶尺寸较大,通常机房内不能对桨叶检测,只能进行野外作业。这样,对复合材料桨叶检测采用射线照相检验技术时,就只能采取外照射防护方法,尽量避免不必要的射线对人体造成辐射损伤。对外照射防护主要从照射时间、照射距离、屏蔽3方面控制操作人员所受到的照射剂量。

(1)时间。减少受到照射的时

间可以减少接受的照射剂量。在照射率一定时,由于:

$$\text{剂量} = \text{剂量率} \times \text{时间}, \quad (1)$$

因此,针对照射率的大小可以确定容许的受到照射时间。

(2)距离。将辐射源视为点源,则辐射场中某点的照射剂量与该点和源的距离的平方成反比,即:

$$D_1 / D_2 = F_1^2 / F_2^2, \quad (2)$$

其中, F_1 为源与辐照场中点1的距离; F_2 为源与辐照场中点2的距离; D_1 为辐照场中点1的照射剂量; D_2 为辐照场中点2的照射剂量;这样,距离增大将迅速降低受到的照射剂量。

(3)屏蔽。按照射线的衰减规律,如果在工作人员与源之间设立适当的屏蔽物体,则射线穿过屏蔽物后其强度将大大降低,也必然减少产生的照射剂量。

通过采取上述方法尽量降低辐射对人体可能造成的危害。而采用射线实时成像检验技术检测复合材料桨叶时,由于该设备采用“钢-铅-钢”结构屏蔽射线,并经有关资质部门检测,该设备的辐射泄漏符合GB18871-2002标准,操作人员可以安全地进行检测作业。这样,操作人员不但可以放心地操作设备,射线机发射射线时还可以近距离地通过铅玻璃随时观察被检测物体,随时调整被检测物的位置、被检方向等。

结束语

随着复合材料射线检测的不断深入,射线实时成像检验技术将会发挥越来越重要的作用,为复合材料桨叶的发展和进一步研究奠定坚实的基础。

参考文献

- [1] 郑世才. 射线检测, 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 中国航天科技集团公司第一研究院第七零三研究院. FL9360 纤维增强复合材料无损检测方法, 第2部分. X射线照相检验.

(责编 小城)