

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.12.022

基于计算机辅助技术 PP 制件缺陷的无损检测

谢抢来

(江西科技学院,南昌 330098)

摘要: 利用一种计算机辅助的红外探伤技术对所模拟的聚丙烯 (PP) 管材中裂纹、腐蚀和积垢缺陷进行了探测。实验结果表明,对于这三种缺陷,该红外探伤手段均能够快速进行准确地检测,分别可以在 0.2、1.0 s 和 5.0 s 内检测到裂纹缺陷、腐蚀缺陷和积垢缺陷。另外,该红外探伤技术对缺陷具有较强的分辨能力。对于裂纹缺陷的检测上限,明显高于 X 射线检测手段和超声检测手段,能够精准识别长为 20 mm,宽为 2.0 mm 的裂纹;而且该红外探伤技术所获得数据的分辨率和信噪比也较高,分别为 D9 级别和 123。

关键词: 聚丙烯;管材;缺陷检测;红外探伤;计算机辅助

中图分类号: V214.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)12-0114-04

Nondestructive Testing of PP Parts based on Computer Aided Technology

Xie Qianglai

(Jiangxi University of Science and Technology, Nanchang 330098, China)

Abstract : A computer-aided infrared flaw detection technology was used to detect the simulated cracks, corrosion and scale defects in the polypropylene (PP) pipes. The experimental results show that the infrared flaw detection method can quickly and accurately detect crack defects, corrosion defects and scale defects in 0.2 s, 1.0 s and 5.0 s, respectively. In addition, the infrared flaw detection technology show a strong ability to distinguish defects. The upper limit of detection for crack defects is significantly higher than that of X-ray detection and ultrasonic testing, and can accurately identify cracks with length of 20 mm and width of 2.0 mm. Moreover, the resolution and signal-to-noise ratio of the data obtained by the infrared flaw detection technology are also high, which are D9 level and 123, respectively.

Keywords : polypropylene ; pipe ; defect detection ; infrared flaw detection ; computer aided

聚丙烯 (PP) 是一种性能优异、价格低廉的通用高分子材料,在日用、建筑工程、车辆工程、医疗等领域均具有广泛的应用^[1-5]。例如,在建筑工程领域,PP 常用作生产水管,用于生活和工业的给水。然而,虽然 PP 的力学强度较高,但其韧性较差,尤其是在低温环境下,PP 非常容易发生低温脆裂等现象^[6-8]。例如,在我国北方地区,冬季温度可低至 -20℃ 以下,因此 PP 管路在使用过程中则很容易发生机械破坏。除此之外,在使用过程中 PP 本身的老化、腐蚀等现象,也会造成管路出现裂纹等缺陷。由于 PP 管路一般是埋于地下或是建筑物墙体中,当出现渗水现象时,很难迅速排查出发生机械破坏

的部位;而且对于管路的日常查验、检修和维护也变得较为困难^[9-12]。

红外成像无损检测技术是一种基于计算机技术发展起来的无损检测技术,能够广泛应用到金属材料、无机非金属材料 and 有机高分子材料的无损检测中^[13-15]。在检测过程中,采用不同的热源对制件进行周期性地加热,然后利用计算机技术进行热波信号的采集;再利用专用的软件对所采集的数据进行分析。通过对制件表面红外辐射的变化进行采集和分析,能够直接得到制件的表面信息以及表面以下的信息,实现缺陷的探测。其检测原理如图 1 所示,脉冲式热源对制件进行加热,存在缺陷的部位和

基金项目: 江西省教育厅科学技术研究项目 (GJJ191001, GJJ191004)

通信作者: 谢抢来,硕士,讲师,主要从事数据挖掘、数据库信息优化 E-mail : youmeij999@163.com

收稿日期: 2020-09-28

引用格式: 谢抢来. 基于计算机辅助技术 PP 制件缺陷的无损检测 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(12) : 114-117.

Xie Qianglai. Nondestructive testing of PP parts based on computer aided technology[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(12) : 114-117.

不存在缺陷的部位热传导情况不同,导致产生的红外辐射不同,出现在计算机上的成像结果不同,实现无损探伤。

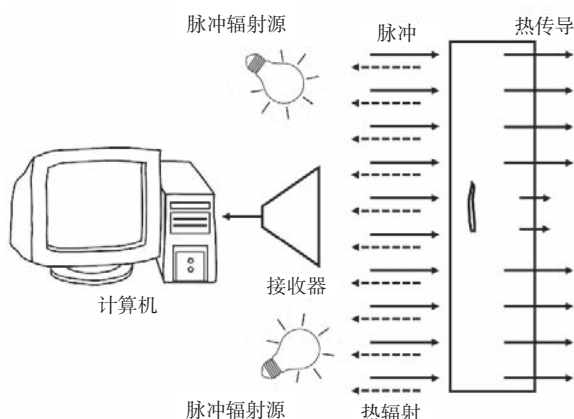


图1 计算机辅助红外探伤机理示意图

1 实验部分

1.1 实验原料

PP: T30S, 熔体流动速率为 $3.3 \text{ g}/10 \text{ min}$, 宁波禾元化学有限公司。

1.2 仪器及设备

双螺杆挤出机: SJGF 型, 螺杆直径为 65 mm , 口模外径为 32 mm , 内径为 26 mm , 张家港市顺科机械有限公司;

红外热探测仪: CAMTMS3000 型, 瑞典 Therma 公司;

红外无损检测系统由计算机、脉冲闪光灯和红外热探测仪组成, 其中脉冲闪光灯最大能量为 9.6 kJ 。

1.3 PP管的制备和缺陷模拟

将 PP 原料于 100°C 下干燥 2 d 以上, 备用。将挤出机分 5 段控温, 由加料口至口模处, 各段螺杆温度分别设置为 $200, 220, 240, 240^\circ\text{C}$ 和 240°C 。挤出机螺杆温度稳定后, 将 PP 原料由加料口加入, 挤出, 冷却, 定型, 干燥备用。

在干燥好的 PP 管材内部车出一条长为 20 mm 、宽为 2 mm 的裂纹, 用以模拟 PP 管材在使用过程中所出现的裂纹; 通过加热熔融的方法, 在 PP 管材内部制造出一块长为 10 mm , 宽为 5 mm 的熔融区, 冷却后该区域管壁变薄, 用以模拟 PP 管材在使用过程中出现的腐蚀现象; 利用黑色胶带在 PP 管内部标记, 用以模拟 PP 管材使用过程中产生的水垢沉积现象。

1.4 无损探伤实验

将红外热探测仪与 PP 管材试样垂直放置; 采

用两个脉冲闪光灯, 分别置于试样上前方和下方, 保证脉冲传播方向与管材夹角为 45° ; 开启脉冲闪光灯对试样进行加热, 同时红外热探测仪对试样的热辐射数据进行采集, 采集频率为 60 Hz , 采集时间为 20 s 。

2 结果与讨论

2.1 裂纹探伤

首先对 PP 管材样品的裂纹缺陷进行了计算机辅助的红外探伤研究, 经过对数据进行处理后得到图 2。图 2 的两条曲线分别为裂纹部位和非裂纹部位的热辐射强度随时间的变化趋势。图 2 数据显示, 在采集时间为 0.10 s 之前, 裂纹部位和非裂纹部位的热辐射强度基本未出现明显区别; 而当采集时间延长到 0.15 s 时, 两个部位的热辐射强度则出现了区别, 且随时间进一步延长, 这种热辐射强度的差别越大; 当采集时间为 $0.20 \sim 0.40 \text{ s}$ 时, 裂纹部位的热辐射强度明显高于非裂纹部位的热辐射强度。由于裂纹的存在, 该部位 PP 管壁中存在空气, 因此裂纹部位的热传导和非裂纹部位的热传导出现了差异; 裂纹部位由于存在空气, 导热率降低, 热传导效率降低, 所以探测到的热辐射强度相对较高。以上实验结果表明, 利用计算机辅助的红外探测方法能够精准地检测出 PP 管材中裂纹缺陷的存在。这一方法也可以用于其它材料和其他制品的缺陷检测。

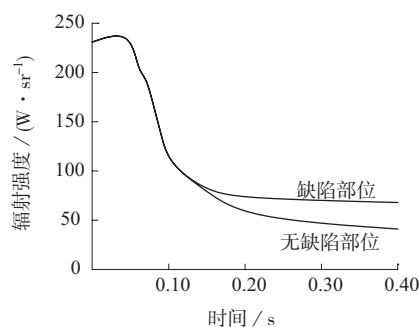


图2 裂纹缺陷检测曲线图

2.2 腐蚀探伤

腐蚀也是管材在使用过程中常见的损伤, 主要是由于土壤或墙体中的化学物质、微生物等作用导致的破坏。腐蚀通常会导致管材局部变薄, 密度改变等。笔者也对 PP 管材样品的腐蚀缺陷进行了计算机辅助的红外探伤研究, 经过对数据进行处理后得到了如图 3 所示曲线。图 3 中两条曲线分别为腐蚀部位和非腐蚀部位的热辐射强度随时间的变化趋势。图中数据显示, 在采集时间为 0.50 s 之前, 腐蚀部位和非腐蚀部位的热辐射强度基本未出现明显

区别;而当采集时间延长到 1.0 s 时,两个部位的热辐射强度则出现了区别,且随时间进一步延长,这种热辐射强度的差别越大;当采集时间为 3~12 s 时,腐蚀部位的热辐射强度明显高于非腐蚀部位的热辐射强度。由于腐蚀的存在,该部位 PP 管壁中会出现气泡,导致空气存在影响材料本身的热导率;另一方面,腐蚀过后的 PP 密度发生变化,热导率也会出现变化。以上两种因素的综合影响,腐蚀部位的热辐射强度降低,热传导效率降低,所以探测到的热辐射强度相对较高。与裂纹缺陷相比,该方法对腐蚀缺陷的探伤时间较长。这主要是由于,相对于腐蚀缺陷来说,裂纹缺陷造成的热导率影响主要是由于空气存在所造成的,效果更明显;而且,裂纹缺陷具有一定的深度,更靠近管壁外侧,更易检测出来。

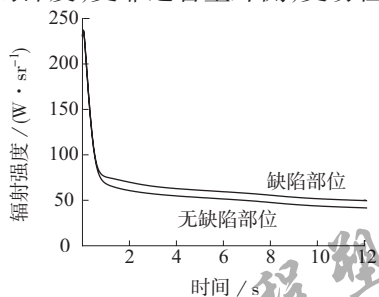


图3 腐蚀缺陷检测曲线图

2.3 积垢探伤

由于水中矿物质的存在,输水管路随着使用时间的延长,其管壁上容易沉积污垢,尤其是在转角的部位。水管中沉积污垢增多后,会导致管路堵塞等现象,因此对管路中积垢的检测也是十分必要的。笔者对 PP 管材样品的积垢缺陷进行了计算机辅助的红外探伤研究,经过对数据进行处理后得到了如图 4 所示曲线。图 4 中两条曲线分别为积垢部位和非积垢部位的热辐射强度随时间的变化趋势。图 4 数据显示,在采集时间为 3.0 s 之前,积垢部位和非积垢部位的热辐射强度基本未出现明显区别;当采集时间延长到 5.0 s 时,两个部位的热辐射强度则出现了区别,且随时间进一步延长,这种热辐射强度的差别越大;当采集时间为 5~16 s 时,积垢部位的热辐射强度明显高于非积垢部位的热辐射强度。由于积垢的存在,该部位 PP 管壁的热导率会出现明显降低,热传导效率降低,所以探测到的热辐射强度相对较高。与裂纹缺陷和腐蚀缺陷相比,该方法对积垢缺陷的探伤时间最长。这主要是由于,管壁积垢处于管路内侧,在热量采集初期,积垢部位和非积垢部位的热量传递没有明显区别,仅当热量传递至

积垢时,才出现了明显的热量传递变化,因此探伤时间较长。

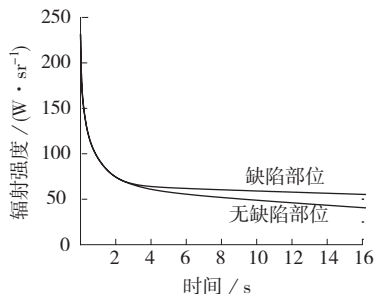


图4 积垢缺陷检测曲线图

2.4 不同检测方式对比

为了进一步验证该计算机辅助的红外探伤技术的准确性,笔者以带有裂纹的 PP 管材作为模型,分别利用 X 射线检测、超声检测和红外探伤检测对其进行了缺陷检测,检测能力相关结果见表 1。

由表 1 可以看出,不同检测方法对裂纹缺陷的检测分辨能力。对于裂纹缺陷来说,与 X 射线检测和超声检测手段相比,红外探伤检测技术的缺陷分辨能力更高。X 射线检测和超声检测能够精准检测到长度为 20 mm、宽度为 0.5 mm 的裂纹缺陷;而红外探伤检测能够精准检测到长度为 20 mm,宽度为 2.0 mm 的裂纹缺陷。这 3 种检测方法的分辨率未出现明显差别,均为 D9 级别;另外,与 X 射线检测手段与红外探伤手段相比,超声检测手段处理所得数据的信噪比较低,仅为 90.0;X 射线检测手段与红外探伤手段的信噪比分别为 121 和 123。对比以上数据,计算机辅助的红外探伤手段在对裂纹缺陷进行检测时,不仅能够检测到尺寸更大的裂纹缺陷,而且数据的分辨率与信噪比都较高,是一种综合性较为突出的无损探伤手段。

表1 不同检测方法对裂纹缺陷的检测分辨能力

检测方法	缺陷性质	缺陷分辨能力	
		分辨率	信噪比
X 射线	裂纹	D9	121
超声	裂纹	D9	90.0
红外探伤	裂纹	D9	123

3 结论

制备了一种 PP 管材,并通过物理手段模拟了管材的裂纹、腐蚀和积垢缺陷,利用计算机辅助的红外探伤技术对这三类缺陷进行了检测。实验结果表明,该红外探伤技术能够精准地检测到 PP 管材中所存在的这三类缺陷,而且检测时间较为迅速,分别在 0.2, 1.0 s 和 5.0 s 后明显检测到了相应的缺陷。由于缺陷类型和缺陷所处位置的原因,裂纹缺陷较

容易被检测到;而积垢缺陷需要的探测时间较长。与 X 射线检测方法与超声检测方法相比,该红外探伤技术对缺陷的分辨能力更强,能够检测到大尺寸的裂纹缺陷,而且相应数据的分辨率和信噪比也相对较高。

参考文献

- [1] 杨敏,胡博文,李波,等. 异双桥联茂金属催化剂催化丙烯聚合制备高分子量无规聚丙烯[J]. 高分子学报,2016,47(1):25-30.
Yang Min, Hu Bowen, Li Bo, et al. Preparation of high molecular weight atactic polypropylene using ansa-metallocenes with doubly hetero-bridges[J]. Acta Polymerica Sinica, 2016, 47(1):25-30.
- [2] Karim M A A, Zaman I, Rozlan S A M, et al. Structural characterization and mechanical properties of polypropylene reinforced natural fibers[J]. Journal of Physics Conference Series, 2017.DOI:10.1088/1742-6596/914/1/012035.
- [3] Wang Bo, Zhang Hairong, Huang Chao, et al. Study on non-isothermal crystallization behavior of isotactic polypropylene/bacterial cellulose composites[J]. RSC Advances, 2017, 7(67):42 113-42 122.
- [4] Katogi H, Takemura K. The effect of crystallinity on the mechanical properties of plain woven carbon fiber reinforced polypropylene[J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 79(2):349-355.
- [5] Sullins T, Pillay S, Komus A, et al. Hemp fiber reinforced polypropylene composites: The effects of material treatments[J]. Composites Part B, 2017, 114:15-22.
- [6] 笪文忠,肖智贤,徐宏彬,等. 气相法制备高乙烯含量的高抗冲聚丙烯[J]. 化工学报,2016,67(2):667-671.
Da Wenzhong, Xiao Zhixian, Xu Hongbin, et al. Preparation of high impact polypropylene with high ethylene content by gas phase process[J]. CIESC Journal, 2016, 67(2):667-671.
- [7] 程冬. 高抗冲聚丙烯结构演化及其结构与性能关系研究[D]. 上海:复旦大学,2011.
Cheng Dong. Structure evolution of impact-resistant polypropylene copolymer and its structure-property relationship[D]. Shanghai:Fudan University, 2011.
- [8] 王艳芳,娄立娟,俞炜,等. 高流动高抗冲聚丙烯的结晶行为与性能研究[J]. 中国塑料,2015,29(8):59-65.
Wang Yanfang, Lou Lijuan, Yu Wei, et al. Crystallization behaviors and properties of high fluidity and high impact polypropylene[J]. China Plastics, 2015, 29(8):59-65.
- [9] 徐维臣. 高层建筑塑料给水管道水压的非常规无损检测技术综述[J]. 合成树脂及塑料,2020,37(3):91-94.
Xu Weichen. Unconventional nondestructive testing technologies for water pressure of plastic water supply pipes in high-rise buildings[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2020, 37(3):91-94.
- [10] 沈振,肖根,毛淑群,等. X 射线无损检测技术在铝塑复合管中的应用[J]. 塑料科技,2011,39(2):87-89.
Shen Zhen, Xiao Jian, Mao Shuqun, et al. Application of X-ray non-destructive testing technology in aluminum-plastic composite pipe[J]. Plastics Science and Technology, 2011, 39(2):87-89.
- [11] 沈振,高苏南,冯晓雷,等. 超声波无损检测应用于塑料管道壁厚测试[J]. 塑料科技,2010,38(11):77-79.
Shen Zhen, Gao Sunan, Feng Xiaolei, et al. Application of ultrasonic nondestructive testing in plastic pipe wall thickness[J]. Plastics Science and Technology, 2010, 38(11):77-79.
- [12] 辛明亮,张术宽,杨波,等. 无损检测技术在塑料制压力管道检验中的应用[J]. 广州化工,2015(13):11-13.
Xin Mingliang, Zhang Shukuan, Yang Bo, et al. Research Progress in nondestructive testing of plastic pressure pipeline[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2015(13):11-13.
- [13] 江海军,陈力. 脉冲红外无损检测技术研究现状与发展趋势[J]. 红外技术,2018,40(10):26-31,45.
Jiang Haijun, Chen Li. Infrared flash thermography nondestructive testing and its development[J]. Infrared Technology, 2018, 40(10):26-31,45.
- [14] 牛奕,甘玲童,马云. 基于红外无损检测的非金属材料粘贴缺陷识别[J]. 红外技术,2020,42(4):393-398.
Niu Yi, Gan Lingtong, Ma Yun. Identification of adhesive defects of non-metallic materials based on infrared non-destructive testing[J]. Infrared Technology, 2020, 42(4):393-398.
- [15] 张剑,齐暑华. 红外热成像技术在复合材料无损检测中的应用现状[J]. 工程塑料应用,2015,43(11):122-126.
Zhang Jian, Qi Shuhua. Application of infrared thermography in nondestructive testing of composites[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(11):122-126.