

清洗时间对钛合金铸件荧光渗透检测的影响

张军威^{1,2,3}, 王本志^{1,2,3}, 杨硕^{1,2,3}, 焦国丽^{1,2,3}, 张国旺^{1,3}

(1. 北京百慕航材科技股份有限公司 特检中心, 北京 100094; 2. 中国航发北京航空材料研究院 铸钛中心, 北京 100095; 3. 北京市先进钛合金精密成型工程技术研究中心, 北京 100095)

摘要: 在钛合金铸件荧光渗透检测以浸涂方式施加渗透液时, 渗透剂去除时的清洗时间对荧光渗透检测结果有重要影响。以不同清洗时间条件下的 PSM-5 标准试块渗透检测结果为依据, 结合不同清洗时间下钛合金铸板的荧光渗透检测实验结果, 研究确定了钛合金铸件荧光渗透检测允许最长清洗时间和单次渗透检测最大检测铸件数量。结果表明, 为得到可靠的荧光渗透检测结果, 在荧光渗透检测系统各参数满足标准要求的前提下, 最长清洗时间不宜超过 15 min。结合最长清洗时间, 确定某铸件进行荧光渗透检测时的单次最大检测数量为 20 件。对大型复杂结构铸件进行荧光渗透检测时, 可通过增加清洗人员数量的方法控制清洗时间, 确保荧光渗透检测结果的可靠性。

关键词: 钛合金铸件; 荧光渗透检测; 浸涂; 清洗时间

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2018.03.022

中图分类号: TG292 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-6457(2018)03-0122-04

Effects of Washing Time on Fluorescent Penetrant Inspection of Titanium Casting

ZHANG Jun-wei^{1,2,3}, WANG Ben-zhi^{1,2,3}, YANG Shuo^{1,2,3}, JIAO Guo-li^{1,2,3}, ZHANG Guo-wang^{1,3}

(1. Special Inspection Center, Baimtec Material CO., LTD, Beijing 100094, China;

2. Titanium Casting Center, AECC Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China;

3. Beijing Engineering Research Center of Advanced Titanium Alloy Precision Forming Technology, Beijing 100095, China)

ABSTRACT: This paper aims to analyze effects of different washing time on removing penetrant from the surface of titanium alloy casting parts by dipping method. Based on penetrant inspection result of PSM-5 standard test blocks in different washing time, and in combination with fluorescent penetrant inspection result of titanium alloy casting board, the longest washing time and the largest number of parts were determined. The results show that in order to obtain the reliable results of FPI, the longest washing time should not exceed 15 min. At the same time, all of the parameters of the system should follow the requirements. Combined with the longest washing time, a single maximum detection number of a casting was 20 parts. For a large and complex casting parts, washing time might be controlled by increasing the quantity of the operators.

KEY WORDS: titanium alloy casting; fluorescent penetrant inspection; dipping; washing time

采用钛合金精密铸造技术可以直接制造不同类型近净尺寸的钛及钛合金铸件。目前钛合金铸件已被广泛应用到航空发动机、导弹、人造卫星等关键部件上^[1-3], 对于这些关键部件用的钛合金铸件, 必须确保表面质量符合技术要求, 不能有超标的线性和点状荧光缺陷, 否则会导致铸件可靠性和疲劳寿命下降。

渗透检测是一种以毛细作用原理为基础, 用于检测非疏孔性金属和非金属试件表面开口性缺陷的无损检测方法。渗透检测的基本过程为预处理、渗透、后清洗、干燥、显像和检验。每道工序对表面缺陷的荧光显示都至关重要。荧光渗透检测主要用于钛合金铸件表面非目视可见类缺陷的检验^[4-8]。

收稿日期: 2018-04-19

作者简介: 张军威(1987—), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为无损检测。

实际中, 钛合金铸件以浸涂法进行荧光渗透检测对比试验时, 经常出现检测准确性波动的情况。通过对荧光渗透检测系统进行分析, 在排除检验员技能水平的差异带来的影响后, 发现在使用不同尺寸工装框放置铸件, 或每次进行渗透检测放置的零件数量不同造成清洗时间不同时, 会导致检测准确性变化。

为探索渗透清洗时间对渗透检测结果的影响, 本文结合标准试块进行清洗时间实验, 对某型号铸件荧光渗透检测清洗时间及一次清洗总数量提供工艺参考, 保证荧光渗透检测结果的可靠性。

文中将铸件从开始清洗到进入烘箱的时间统称为清洗时间^[13-14], 当多件铸件同时进行渗透检测时, 第一个铸件开始清洗到最后一个铸件完成清洗的时间, 称为本批铸件的最大清洗时间。

1 相关标准分析

针对清洗时间是否有具体要求, 查阅相关标准后发现, 国内外相关荧光渗透检测标准中, 对整个荧光渗透检测的水温、铸件温度、水压、冲洗距离、渗透、显像时间等关键参数都均有详细规定, 但对于清洗时间均未明确规定。

Nadcap 审核渗透检测检查标准 AC7114/1 中^[9], 渗透检测中需配置计时器的工序为渗透、乳化、显像和暗适应。对去除渗透液的后清洗工序, 冲洗时水枪的操作手法、冲洗水温、冲洗水压、冲洗距离作出了明确规定, 但对清洗时间无具体要求。

ASTM E 1417 Standard Practice for Liquid Penetrant Testing^[10]中同样对清洗时间没有具体规定, 仅介绍了清洗之后去除零件表面多余水分的方法: 使用不脱毛的软布或吸水纸从零件表面吸除多余的水分。AC7114/4 及 ASTM E1417 相关标准只规定可以使用压力小于 170 kPa 洁净的压缩空气去除盲腔、零件凹陷等容易积液部位的积水。

GJB 2367A^[11]渗透检测规定, 也没有针对清洗时间的规定, 只是提出了清洗零件应在适当的黑光照度下进行, 尽量缩短清洗时间, 以零件表面形成合适的本体为宜, 避免过洗、过去除。过洗、过去除的标志是零件表面完全没有残存的渗透剂。另外规定了水温范围、水压、喷嘴距离, 采用气-水混合喷枪进行手工清洗时的空气压力。零件水洗后, 通过移动或翻动使其表面上的水分滴落干净, 然后用吸水材料吸干, 或者用清洁干燥的压缩空气吹干, 空气压力不大于 0.17 MPa。

HB/Z61^[12]中强调清洗后应排除零件表面的水分, 一般采用转动零件或用过滤的压缩空气吹干, 压缩空气压力应小于 0.17 MPa; 也可用无毛、清洁的布擦干。

2 工艺流程设计及实验

本文涉及到的荧光渗透检测方法为 I-A-a 法(水洗型荧光渗透液、干粉显像), 渗透液使用磁通公司的 ZL-60D 水洗型渗透液, 显像粉为 ZP-4B 干粉显像。首先使用该荧光渗透检测系统的基准试块 PSM-5 试块进行实验, 荧光渗透工艺流程见图 1。按文中对清洗时间的定义, 从自动喷淋洗开始至手工补洗结束, 到将零件放入烘箱的这段时间就是清洗时间。

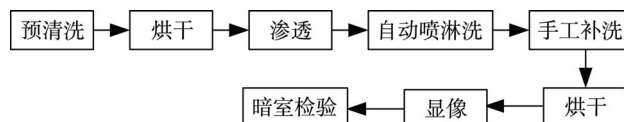


图 1 荧光渗透工艺流程
Fig.1 FPI process flow

由于铸件结构差异和同时进行渗透检测零件数量不同的影响, 现场实际操作中清洗时间通常为 10~30 min。本实验通过设定不同的清洗时间, 观察渗透检测系统基准试块 PSM-5 试块的检验结果, 评价清洗时间对渗透检测的影响。

PSM-5 试块的暗室检验结果见图 2。保持自动喷淋洗时间 30 s 不变, PSM-5 试块的清洗时间分别设



图 2 不同清洗时间下渗透检测系统 PSM-5 试块的结果对比
Fig.2 Result comparison of penetrant testing system PSM-5 panel under different washing time

定为 15, 20, 40 min, 按文中的定义, 从开始清洗到进入烘箱这段时间统称为清洗时间。达到设定的清洗时间之后将 PSM-5 试块放入烘箱充分干燥, 显像时间均为 20 min, 显像结束后立即进行暗室检验。

由图 2 基准试块不同清洗时间下的实验结果可以看出: 清洗时间为 15 min 时, 渗透检测系统基准试块 PSM-5 试块 5 个点全部清晰可见; 清洗时间为

20 min 时, PSM-5 试块的第 5 个点消失, 第 4 点可见; 清洗时间为 40 min 时, 第 5 点消失, 第 4 点模糊。

某钛合金铸板按实验一的实验条件进行验证, 钛合金铸板的清洗时间分别设定为 15, 20, 40 min, 达到设定的清洗时间之后将钛合金铸板放入烘箱充分干燥, 显像时间均为 20 min, 显像结束后立即进行暗室检验。钛合金铸板的暗室检验结果见图 3。

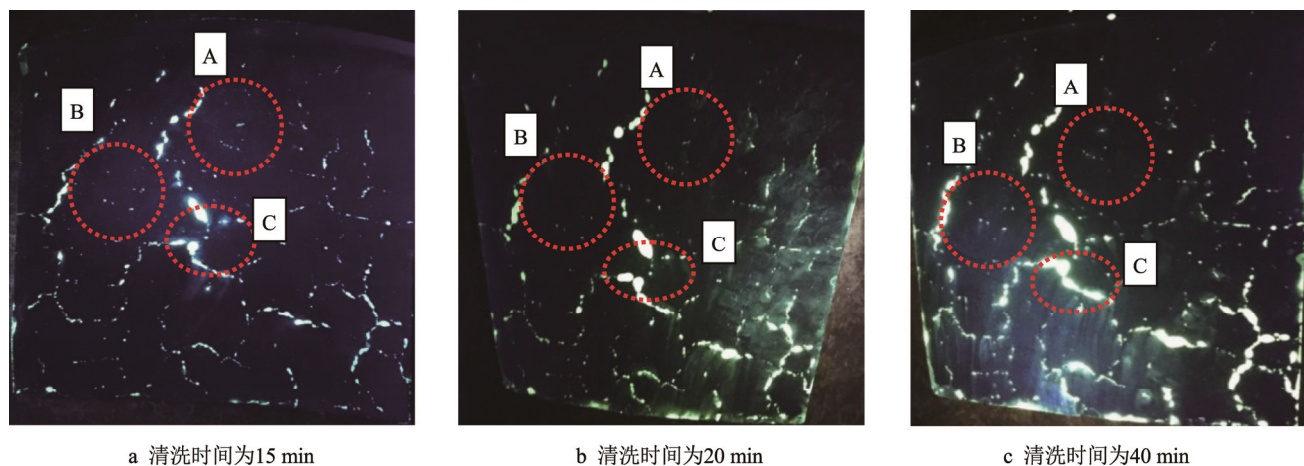


图 3 钛合金铸板清洗时间不同时结果对比

Fig.3 Result comparison of titanium casting board under different washing time

从图 4 可以看出: 当清洗时间大于 15 min 时, 对于钛合金铸板 A 和 B 区域内标识出微小的线性缺陷, 显示能力依次变弱。对于 C 区域内尺寸较大的缺陷, 随着清洗时间增加, 缺陷内渗透液扩散严重, 缺陷形貌失真严重。

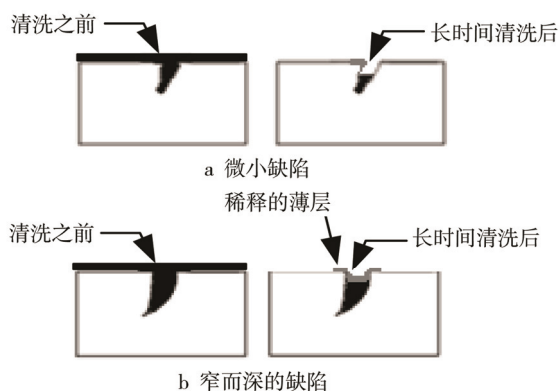


图 4 清洗铸件表面时可能发生的状态

Fig.4 Possible status of surface during washing time

对上述实验现象进行分析, 当钛合金铸件采用水浇型荧光渗透液进行检测的过程, 用水去除铸件表面多余渗透液时, 铸件表面保持润湿状态。此时缺陷内的渗透液可能发生如下两种状态: 对于微小缺陷, 缺陷内的残留液较少, 润湿状态下, 水分持续将缺陷内的渗透液去除, 导致铸件表面的微小缺陷存在过洗风险; 对于窄而深的缺陷, 长时间的润湿状态, 渗透液在表面水分的作用下, 在铸件表面缺陷开口的附近形

成稀释的渗透液薄层, 显像后造成缺陷的荧光显示变宽, 缺陷边界出现模糊、不清晰的现象。

3 结论

1) 在本渗透检测系统条件下, 清洗时间为 15 min, 然后进行烘干、显像, 荧光渗透检测效果最佳。在线产品荧光渗透检测时, 清洗时间尽量控制在 15 min 以内。

2) 在建立多件产品同时检测的荧光渗透工艺时, 应实际测算单件产品的清洗时间, 将第 1 件产品开始清洗到最后 1 件产品完成清洗的总时间作为本批次铸件最大清洗时间, 应控制最大清洗时间不超过 15 min。

3) 本单位对某型号钛合金铸件进行渗透检测时, 单件操作时间为 0.75 min, 则单次检测零件数量不宜超过 20 件。

参考文献:

- [1] 王红红, 刘振军, 王红. 钛合金铸件的应用及发展[J]. 新材料产业, 2009(11): 25—30
WANG Hong-hong, LIU Zhen-jun, WANG Hong. Application and Development of Titanium Alloy Castings[J]. Advanced Materials Industry, 2009(11): 25—30.
- [2] 张美娟, 南海, 鞠忠强, 等. 航空铸造钛合金及其成型技术发展[J]. 航空材料学报, 2016, 36(3): 13—19.

- ZHANG Mei-juan, NAN Hai, JU Zhong-qiang, et al. Aeronautical Cast Ti Alloy and Forming Technology Development[J]. Journal of Aeronautical Materials, 2016, 36(3): 13—19.
- [3] 肖树龙. 钛合金低成本氧化物陶瓷型壳熔模精密铸造技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2007.
- XIAO Shu-long. Study on Technology of Investment Cast for Titanium Alloy Using Low Cost Oxide Ceramic Mould Shell[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2007: 128—129.
- [4] 周兆, 白海龙, 张泽彪, 等. 荧光渗透法无损检测的原理与应用[J]. 实验科学与技术, 2009, 7(1): 50—53.
- ZHOU Zhao, BAI Hai-long, ZHANG Yi-biao, et al. The Principle and Application of Fluorescent Penetrant Inspection[J]. Experiment Science and Technology, 2009, 7(1): 50—53.
- [5] 林猷文, 任雪冬. 渗透检测[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004: 1—4.
- LIN You-wen, REN Xue-dong. Penetrant Inspection[M]. Beijing: China Machine Press, 2004: 1—4.
- [6] 刘兴勇, 徐亚亚. 荧光渗透检测系统监控试块的人工裂纹蓝白色显示原因[J]. 无损检测, 2018, 40(1): 11—13.
- LIU Xing-yong, XU Ya-ya. Reason of White-Blue Indication for Artificial Crack of Fluorescent Penetrant Testing System Monitor Block[J]. Nondestructive Testing, 2018, 40(1): 11—13.
- [7] 孟宇, 张俐, 张大全. 荧光渗透检测常温水基金属清洗剂研制及应用[J]. 清洗世界, 2013, 29(3): 20—23.
- MENG Yu, ZHANG Li, ZHANG Da-quan. Preparation and Application of a Normal-temperature Water-based-metal Washing Agent for Fluorescent Penetrating Inspection[J]. Clean Word, 2013, 29(3): 20—23.
- [8] 周嘉梁, 唐建朝. 荧光渗透检测出钛合金零件表面黄色锈斑的控制方法[J]. 无损检测, 2016, 38(9): 61—63.
- ZHOU Jia-liang, TANG Jian-chao. The Controlling Method of the Surface Yellow Rusty Spots on Fluorescent Penetrant Inspection of Titanium Alloy Parts. 2016, 38(9): 61—63.
- [9] AC7114/1, Nadcap Audit Criteria for Nondestructive Testing Facility Penetrant Survey[S].
- [10] ASTM E 1417, Standard Practice for Liquid Penetrant Testing[S].
- [11] GJB 2367A—2005, 渗透检测[S].
- GJB 2367A—2005, Liquid Penetrant Inspection[S].
- [12] HB/Z 61—1998, 渗透检验[S].
- HB/Z 61—1998, Penetrant Inspection[S].
- [13] VAERMAN J. Fluorescent Penetrant Inspection, Quantified Evolution of the Sensitivity Versus Process Deviations, Proceedings of the 4th European Conference on Nondestructive Testing[C]. Pergamon Press, New York, 1987, 9(4): 2814—2823.
- [14] ALBURGER J R. Controlled Regenerated Inhibited-Solvent Process[J]. Materials Evaluation, 1996, 36(12): 251—260.