

# 锆钢压力容器的 制造及产品监检

张大琳 杨居农 杨明倩

(驻马店市质量技术监督检验测试中心 河南 463000)

(驻马店锅炉压力容器检验所 河南 463000)

**摘要** 锆在常温下性能稳定, 具有比不锈钢、镍基合金及钛更优异的耐腐蚀性能, 而且力学性能和工艺性能宜于制造容器和换热器。随着国内化工行业的发展, 许多强腐蚀设备正逐步采用锆材, 大大提高了设备的寿命和可靠性, 取得更好的经济效益。由于其外形似钢, 通常称这种材料为锆材或锆钢。锆钢属于特殊材料, 其设计、制造、工艺试验、检验检测过程与一般钢制压力容器具有显著不同, 而国内目前尚无锆压力容器制造、检验标准, 只能参照国家现有的钢制压力容器标准, 而锆的焊接和锆复合板验收只能参照美国 ASME 规范。本文就醋酸工艺系统中锆钢压力容器设计、制造、材料验收、焊接、无损检测、热处理、检验检测、产品监督检验方面进行一定的探索。

**关键词** 锆钢 压力容器 产品监检

**Abstract** Zirconium has stable property under the normal temperature, and more outstanding anti-corrosive performance comparing to the stainless steel, the nickel base alloy and titanium, its mechanical properties and the processing property are suitable for make containers and heat exchangers. With the development of domestic chemical industry, and many devices bearing progressively stronger and more corrosion are using zirconium material in order to enhance life and the reliability of equipment and obtain the better economic efficiency. Because the similar form to the steel, they're usually named as zirconium material or zirconium steel. The zirconium steel belongs to the special material, there are obviously differences from general steel pressure vessel on designing, manufacture, engineer testing and examination process. There are still not the zirconium pressure vessel manufacture and inspection standards at present domestically that existing standards of steel pressure vessel and welding zirconium and zirconium composite plate acceptance only refer to the ASME standards. The article studied the zirconium steel pressure vessel design, manufacture, acceptance of materials, welding, non-destructive inspection, heat treatment, examination and product surveillance examines in the the acetic acid craft system and supplies the reference.

**Key words** Zirconium steel Pressure vessels Product supervise and inspection

锆是一种银灰色金属, 有光泽, 熔点 1852℃, 密度 6.49g/cm<sup>3</sup>, 声速 4650m/s。锆在常温下性能稳定, 具有比不锈钢、镍基合

金及钛更优异的耐腐蚀性能, 而且力学性能和工艺性能宜于制造容器和换热器。近年来我国化工工业发展迅速, 醋酸、硝酸、过氧化氢、

农药等企业, 锆钢压力容器的应用越来越多, 这就必然涉及到锆钢压力容器的制造和检验。醋酸工艺中的脱氢塔、转化釜、反应釜等, 介质为碘甲烷、碘化氢的系统设备, 采用锆或锆复合板制造。由于锆及锆复合板压力容器的制造特殊性, 国家目前尚没有这方面专门的标准和规范。由此产生的问题, 是值得讨论和研究的, 本文就锆及锆复合板压力容器制造过程的特殊工艺以及产品监督检验, 通过实践提出笔者的看法, 供参考。

## 1 生产过程特点

### 1.1 设计标准

参考 GB 150 (或 GB 151)、HG 20584、《压力容器安全技术监察规程》。

锆复合板设备的强度设计不包括复合层厚度; 复合板封头基材的成型减薄量按其公称厚度的 12% 计算。

### 1.2 无损检测标准

JG/T 4730.1 ~ 4730.6

RT: AB 级            II 级合格 (基材), 锆材设备检测灵敏度应经实验获得。

UT:                    I 级合格。

PT:                    I 级合格。

### 1.3 材料验收

压力容器制造单位对锆材的验收应按照业主订货合同, 检查包装、标记、数量、规格以及材料合格证、质量证明书等。并对化学成份、力学性能进行复验, 锆材出厂均应为退火状态。

锆复合板的验收, 压力容器制造单位除对基材和复材验收外, 还应对复合板贴合率进行验收, 复合板出厂应为消除应力热处理状态。

复合板的贴合率按照 ASME B898 《活性难熔金属复合板标准》超声检验 A 级合格, 贴合率大于 99%, 单个缺陷长度不大于 25mm; 厚板复合板封头 (为减少成型过程的变形量) 宜采用瓜瓣 (6+1) 形式, 瓜瓣成形后按 ASME B898 超声检验 B 级合格, 贴合率大于 97%, 单个缺陷长度小于 75mm。复合板表面应经 100% PT 检验 (JB/T 4730.5) I 级合格, 表面深度  $\leq 1\text{mm}$  的单个缺陷允许修补; 复合板的剪切强

度应  $\geq 140\text{MPa}$ ; 检验合格后所有锆材表面应贴牛皮纸保护。

锆材的焊接采用钨极氩弧焊, 氩气纯度为 99.996% ~ 99.999%, 露点温度不大于  $-50^{\circ}\text{C}$ ; 填充料采用 ERZr-2 专用焊材。其他材料如: 复合板基材, 锻件等按国家相应标准验收。锆材与锆零件应单独存放, 不得与黑色金属混放。

### 1.4 焊工及焊接工艺评定

锆材焊工应单独进行锆材焊接的考试, 考试项目设置参照《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》, 满足压力容器生产要求。

锆板的焊接工艺评定按照 ASME IX 《焊接》(2004) 要求进行; 锆复合板的焊接工艺评定, 只进行基材的焊接工艺评定, 复层评定只进行化学成份分析。

### 1.5 下料与成型

锆设备制造应在通风、干燥、防尘的专用厂房内进行。

锆材的下料和标记移植应使用记号笔或粘贴标签的方法, 如果后续工序可以去除的部分, 允许打洋冲眼。下料切割采用等离子切割或水下切割, 避免火花飞溅到锆材表面, 切割后用切削、磨 (专用砂轮片) 或其他机械方法去除污染。加工下的锆材细屑应及时清理, 避免发生自燃。

### 1.6 焊接

锆材的焊接采用钨极氩弧焊并专用保护罩, 双面氩气保护。

锆焊材必须进行除氢和清洁处理。坡口采用机械加工, 焊前坡口两侧 25mm 范围进行机械清理和 (丙酮或酒精) 脱脂处理。焊接过程中防止坡口污染, 遵照作业指导书要求, 调节焊接参数, 控制层间温度不大于  $60^{\circ}\text{C}$ 。焊接及装配人员必须穿戴洁净的工作服、手套及鞋, 装配过程严禁铁器敲打锆材表面和坡口。每层焊接完成后, 应及时进行焊缝及热影响区表面颜色检验, 银白至金黄色为合格, 兰色为氩气保护不好, 去除蓝色后, 可用于非重要部位。

锆复合板设备应先进行基材的组焊, 组焊时采取措施, 使锆材温升不大于  $300^{\circ}\text{C}$ , 组焊完成后, 将拟被锆材覆盖的焊缝打磨平滑, 进行 RT 或 UT + RT 探伤, 合格后再焊锆填板和锆盖板,

每条焊缝的填板和盖板端头用银钎焊封焊。填板焊接后进行填板的氦检漏密封检查,合格后打通填板再进行盖板焊接,再次进行盖板的氦检漏密封检查。锆填板/圈、法兰盖锆衬板、法兰接锆衬管/密封环均需按照上述要求焊接和检漏。检漏按 GB/T 15823—1995 及附录 A 做氦检漏检查,检漏前容器抽真空 0.1Pa,经检漏管通压 0.1MPa,保压 30min,泄漏率  $\leq 1 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  为合格。

### 1.7 检验

锆材焊缝余高不大于 1.5mm,且不得有咬边。成型复合板筒体上需直接焊接内件的,焊缝区和焊缝两侧各 50mm 区域内超声波检测不得有不贴合存在。

锆及锆复合板的无损检测,符合 JB/T 4730 要求,RT 符合 AB 级 II 级合格;UT I 级合格;PT I 级合格;A、B 类焊缝锆材选用射线,锆复合板基材宜选用 UT + RT;其他锆焊缝选用 PT 检测。

### 1.8 热处理

锆复合板容器组合完成后应进行消除应力热处理。热处理前先对锆材表面进行彻底清洁,然后进行酸洗钝化处理(酸洗液一般为 30%硝酸、3%氢氟酸),经表面铁离子检测合格,最后对锆表面涂敷 Ti-2、Ti-3 保护涂料,整体入炉(必须使用电炉),入炉前应找平支撑,防止热处理过程变形。

### 1.9 水压试验及总体检验

热处理完成后应按要求进行水压试验。水压试验合格后应及时排水,采用压缩空气吹干或烘干(烘干温度  $\leq 200^\circ\text{C}$ ),水压试验合格后进行氦检漏试验,锆设备内表面进行 100%PT 检查, I 级合格。

其它总体检验符合 GB 150 或 GB 151 规定。

## 2 产品制造监检要点

锆材压力容器,由于其材料价格昂贵,(约为碳素钢的 100 多倍)而且加工方面存在一定的难度,国内生产经验较少,容器介质(碘甲烷)属高度毒性危害和第三类压力容器的特点,通常制造厂对这类合同比较重视,一

般制造单位在设计投料之前成立项目组,制定质量计划。监检人员在监检前要与制造单位有关人员充分沟通,熟悉质量计划与相关制造检验标准,核对质量计划的检验点 R、W、H(即 R——文件见证;W——现场见证;H——停工待检)与《锅炉压力容器产品安全性能监督检验规则》中监检项目表的见证类别相对应,制定检验提纲,增加一些关键性监检项目,如焊工资格、填板和盖板焊接、氦检漏试验、锆材表面探伤以及锆材设备加工场地、锆复合板验收、加工成型、接管衬锆等方面的检查,主要检验要点如下:

1) 设计制造资格应符合 A1 或 A2 级;

2) 主要受压元件材质(锆)应根据材料供应商标准进行化学分析和力学性能复验;锆复合板应进行逐张超声波探伤,检查基材质量和复合板的贴合率;复合板材料标记移植,钢印应打在基材上,对于锆零部件应采用标签跟踪或记号笔记号标示,并在加工过程中随时检查,防止标记丢失;

3) 焊接工艺评定方面,对于已经有过锆材压力容器生产业绩,进行过锆焊接工艺评定的企业,应按照图纸焊缝结构编制相应的焊接作业指导书;对于首次生产的企业,在技术准备时应按照《容规》第 22 条第 2 款要求,进行焊接工艺试验。锆复合板的焊接工艺评定,由于锆复合板是用于防腐衬里的,虽然有复合强度要求,但其复合板的焊缝填板和盖板属于密封焊,因此强度设计时锆复合层强度不计,故不需要进行复合层的试板强度试验,只进行化学成分分析,验证其抗腐蚀性能。

焊工资格必须按照锆材考试合格方能承担锆材设备的锆的焊接;

4) 无损检测方面,锆材设备的 RT 检测,在没有锆透度计(锆的密度为  $6.49\text{g}/\text{cm}^3$ )的情况下,其探伤灵敏度应经过试验对比获得。PT 检测按照锆材进厂检验、锆材焊后表面检验以及耐压试验后的设备内表面检验三个阶段分别进行;

5) 锆复合板设备制造完成后应进行整体消除应力热处理。主要控制点为,入炉前锆设备要找平支承、防止受热变形、合理布置测温点、控制热处理温度及锆表面涂敷保护剂防止过氧氧化;

6) 气密试验,主要控制锆复合板设备在焊缝填板和盖板的氦检测试验,一般每条焊缝应进行两次密封检漏试验,即填板焊接完成后进行一

# 起重机械安装改造 维修的监督检验

马溢坚 黄 薇

(浙江省特种设备检验研究院 浙江 310013)

监督检验在《特种设备安全监察条例》中是明确规定的,起重机械的监督检验系指制造和施工监督检验,制造监督检验于2006年10月1日发布实施,施工监督检验于2009年4月1日开始在全国推行。施工监督检验是一个系统性的检验概念,与以往的验收检验有很大的区别,相关实体在执行过程中,应全面、系统学习、消化监督检验定义和本质,顺利执行好施工监督检验的开展。

## 1 监督检验本质

根据其发布的安全技术规范中关于监督检验的定义、项目及内容要求,监督检验的本质就是要监督并促使相关企业实体在质量保证体系上的正常运行、产品技术上的有效控制的双轨监督。监督检验机构以产品制造或施工流程

作为导绳、以质量检验为切入点而进行的一种监督形式,以在生产过程质保体系与产品品质是否能互相交融为监督对象的监督方式,从而使起重机械生产的质量得到控制,最终保障起重机械的安全运行。

总的来说,主要从两个方面来实施质量监督如图1所示。

1) 体系层面上的监督,静态组织能力的满足。针对起重机械生产单位质量管理体系,审核施工单位实现产品施工并使其满足要求的本领的符合性和有效性,主要针对符合性和有效性的规定,比如以检验规程(指导书)为例:管理体系是否规定了该规程何部门编写、是否经审核、如何有效发放及明确实施部门及人员资格等等,主要体现的是人、机、料、法、环等的符合性、有效性;

2) 技术层面上监督,动态组织能力的实现。针对起重机械生产单位经证实或者将被证实

次试验,然后将填板打通,再焊接盖板,再进行一次试验。两次试验都必须合格。检漏管的设计结构应符合国质检特函〔2005〕689号文要求;

7) 其他重要工序的检查主要有锆设备的加工机具(锆表面加工过程不得与黑色金属接触)、锆材及锆零件的存放、焊接过程的检查、锆复合板接管的衬锆制作等,通过这些检查综合考评企业的质量保证体系运转情况;

8) 监检过程记录,应能够真实、准确地反映实际检验、试验、观察的结果。

## 3 结束语

锆钢设备的制造与检验,国内目前暂无标准可依,建议在生产过程中积累有关资料,并参考国外标准和经验,跟踪出厂设备运行历史,逐步研究制定符合国内情况的标准和规范,用以规范锆钢压力容器的设计、制造、检验、维修的全过程,促进特殊材料压力容器技术的发展。

(收稿日期 2009-11-18)