

团 体 标 准

T/CNS 148—2025

Cr 涂层锆合金包壳热冲击和高温氧化 试验方法

Test methods for thermal shock and high-temperature oxidation of zirconium
alloy cladding with Cr coating

2025-06-11 发布

2025-08-01 实施

中 国 核 学 会 发 布
中 国 标 准 出 版 社 出 版

目 次

前言Ⅲ

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义1

4 试验原理1

5 试验设备1

6 试样制备2

7 试验步骤2

8 数据处理2

9 试验报告2

参考文献.....4

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容有可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核学会提出。

本文件由核工业标准化研究所归口。

本文件起草单位：中国核动力研究设计院、中广核研究院有限公司、重庆大学、国家电投集团科学技术研究院有限公司、上海核工程研究设计院股份有限公司。

本文件主要起草人：赵琬倩、张瑞谦、李紫祎、薛佳祥、伍晓勇、高士鑫、王占伟、杨红艳、文青龙、徐祺、王晓敏、何梁、高长源、彭振驯、廖业宏、李思功、郑罡、王浩、彭小明、张华锋、崔严光、李聪、尹春雨、严定恺、泮林岳、谢汉芳。

Cr 涂层锆合金包壳热冲击和高温氧化 试验方法

1 范围

本文件描述了 Cr 涂层锆合金包壳的热冲击试验和高温氧化性能试验方法。

本文件适用于压水堆用 Cr 涂层改性锆合金包壳在 1 200 °C 条件下的耐热冲击性能,以及抗高温氧化试验,包含试验设备、试验原理和试验步骤,其他工艺制备的 Cr 涂层锆合金包壳参考执行。

2 规范性引用文件

GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

Cr 涂层锆合金包壳 zirconium alloy cladding with Cr coating

在锆合金包壳外表面采用物理气相沉积法制备 Cr 涂层的复合包壳管材。

4 试验原理

4.1 热冲击

材料由于环境温度的急剧变化热胀冷缩效应而引起交变应力,观察此条件下锆合金表面涂层是否会发生开裂、破损等现象。

4.2 高温氧化

在保护气体环境中,将样品加热至试验要求温度后,通入一定流量的水蒸气高温氧化一段时间,快速冷却试样到室温,观察样品表面形貌。

5 试验设备

5.1 热冲击试验装置

5.1.1 高温加热装置

温度可达 1 200 °C 的高温加热元件,炉膛最高温度应 $\geq 1\,250\text{ °C}$,最大升温速率应 $\leq 40\text{ °C/min}$ 。

5.1.2 淬火槽

通常为上面开口的长方形槽体容器,长度 $\geq 45\text{ mm}$,容积 $\geq 20\text{ L}$ 。

5.2 高温氧化试验装置

试验装置至少包括反应室、控温单元、蒸汽发生单元、蒸汽流量控制器等。反应室应为试验材料提供足够的氧化空间;控温装置采用电加热方式,具有满足试验要求的升、降温速率,在设定试验温度条件下,具备保温能力,1 000 °C以上要求控制精度 ± 5 °C;蒸汽发生单元提供一定流量的水蒸气。

6 试样制备

6.1 加工试样尺寸:热冲击试验管长度应 > 20 mm;高温氧化试验涂层管长度建议应 > 100 mm。

6.2 试验前,将试样放置在水乙醇中超声清洗后,吹干待用。

6.3 热冲击试样封装:真空条件下,将涂层管密封在石英管,密封过程不引入其他杂质,确保试样温度 ≤ 350 °C,真空度 < 0.3 Pa。

7 试验步骤

7.1 热冲击试验

7.1.1 开启试验装置,设置试验程序,升温至1 200 °C。

7.1.2 待温度稳定后,将试样放入炉膛内,保温10 min。

7.1.3 保温结束后,开启炉门,将加热后试样迅速投入充满室温水的水火槽中。

7.1.4 待试样降至室温,敲碎玻璃管,取出试样。

7.1.5 观察涂层表面有无裂纹,是否剥落。

7.1.6 关闭控温程序,关闭设备电源,试验结束。

7.2 高温氧化试验

7.2.1 氧化试验需准备锆合金标样作为对照组,采用分析天平依次测量Cr涂层试样和标样的原始质量,记为 W_1 和 W_{Zr1} ,测量精度不低于0.1 mg。

7.2.2 采用游标卡尺依次测量试样和标样的内径、外径、长度,精确到0.01 mm。

7.2.3 将Cr涂层试样和标样同时置于试验装置炉膛的有效均温区内。

7.2.4 通入水蒸气,控制流量达到稳定状态。

7.2.5 以合适的升温速率,加热至1 200 °C,氧化时间 ≥ 35 min。

7.2.6 保温氧化阶段结束,关闭水蒸气,继续通入高纯氩气,待试样随炉冷却至室温后,取出试验样品,称重获得氧化Cr涂层试样的质量 W_2 和标样的质量 W_{Zr2} 。

7.2.7 观察试样的中心区域涂层是否完整,如有无裂纹、剥落。

7.2.8 对高温氧化后试样,按照GB/T 6462,观察氧化膜厚度。

8 数据处理

总体氧化增重和涂层氧化增重计算方法参考T/CNS 146—2025中的第10章执行。

9 试验报告

试验报告应包括下列内容:

- a) 试验报告及名称；
- b) 试样信息：管材名称、牌号、标识、原始尺寸、原始质量、管材状态、取样位置等；
- c) 试验设备：试验设备型号和编号；
- d) 试验条件：试验温度、蒸汽流速等；
- e) 测试结果：试样表面状态、试样氧化增重、涂层氧化增重、氧化膜厚度等；
- f) 试验中发现的任何异常或其他有必要记录的信息；
- g) 试验日期。

参 考 文 献

- [1] T/CNS 146—2025 Cr涂层锆合金包壳腐蚀试验方法
-

中国核学会
团 体 标 准
**Cr涂层锆合金包壳热冲击和高温氧化
试验方法**

T/CNS 148—2025

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

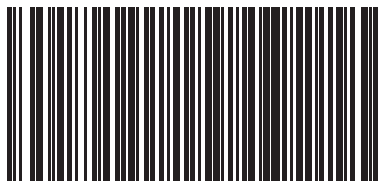
*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 10 千字
2025年7月第1版 2025年7月第1次印刷

*

书号:155066·5-15944 定价 29.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/CNS 148-2025