

用于核电厂蒸汽发生器传热管 SCC 试验的浓碱高压釜装置

张道德 许咏丽 浦纯霞 初海辉

(中国原子能科学研究院, 北京)

关键词 蒸汽发生器, 应力腐蚀破裂, 浓碱, 高压釜。

一、前言

核电厂蒸汽发生器传热管的应力腐蚀破裂 (SCC) 至今时有发生, 造成很大经济损失。因此, 它一直是各核电发展国家所关心的重要问题之一。蒸汽发生器传热管发生 SCC 的原因与纯水介质中杂质钠离子或氯离子在材料受力部位的浓集作用有关。采用磷酸盐水处理工艺以及冷凝器泄漏是造成二回路系统水质遭到钠离子和氯离子沾污的原因。通常, 采用加浓氯离子或氢氧化钠介质作为加速试验环境条件研究传热管材料的 SCC 现象。由于上述加浓介质具有极强浸蚀性, 18-8 型不锈钢制造的常规高压的系统已无法长期、安全地进行这类试验工作。目前国内尚无这类试验设备和方法的详细资料。为此, 我们研制了在浓碱或加浓氯离子介质中进行材料 SCC 试验的专用高压釜装置, 并成功地进行了 50% (wt) NaOH 溶液、300°C 温度下的 Incoloy 800 合金快速应力腐蚀破裂试验。

二、浓碱 SCC 试验高压釜装置

通常高温高压水的高压釜装置由 18-8 型不锈钢制成, 这种不锈钢在含有高浓氯离子或苛性介质中缺少足够的抗应力腐蚀能力, 除同液相介质接触的釜体材料遭到严重腐蚀外, 特别是汽相部分的材料将由于有害离子在蒸发过程中的浓集作用, 使器壁和釜盖球面密封线很快遭到腐蚀穿透, 以致无法继续进行试验。为此需要在结构设计上寻求新途径, 研制既能获得高温高压又能抑制浸蚀介质迁移的专用高压釜装置。

1. 浓碱高压釜装置的结构和操作

高温浓碱高压釜系统与常规高压釜相比, 在结构上具有下述特点: 釜盖球面密封处加水封以降低此处温度并改善气密性; 采用焊封内套筒盛放碱液, 用连通管经釜体外部使内套筒与釜腔连通; 连通管两端及釜外部分采用水套弯管, 管内充以惰性气体 (Ar)。上述结构可以控制釜腔与套筒内介质之间的相互传递作用, 而同时在加热条件下通过连通管内惰气传递蒸汽压力, 使套筒内试液获得所需的温度。图 1 为浓碱高压釜装置外貌。高压釜装置结构如图 2 所示。

试验时, 向高压釜环腔和镍套筒内分别注入适量的高纯水和碱液, 按图 2 所示连接系统各部分, 封闭高压釜并充入 2—3 kg/cm² 压力的惰气 (Ar), 高压釜的加热由釜壁外两组加热器 H₁ 和 H₂ 提供, 由热电偶 T₁, T₂ 测温控制和调节釜腔内恒温区的长度和位置

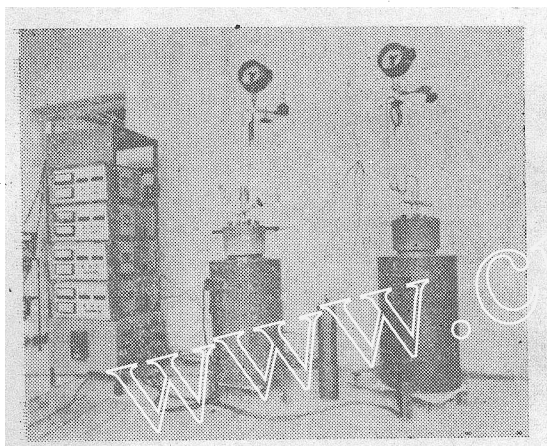


图 1 浓碱 SCC 试验装置外观
Fig. 1 Appearance of high concentration caustic SCC testing device

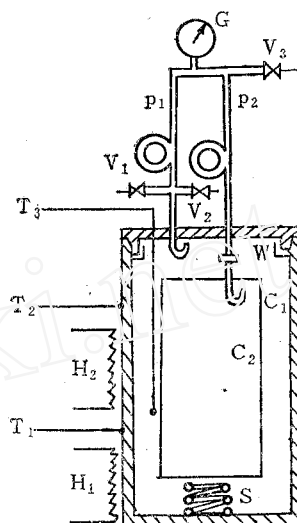


图 2 浓碱 SCC 试验装置结构示意图
Fig. 2 Scheme of structure of caustic SCC testing device

C₁——高压釜外壳(1Cr18Ni9Ti); C₂——套筒(Ni);
P₁——连通管(1Cr18Ni9Ti); P₂——连通管(Ni);
G——压力表; V₁——放气阀; V₂——安全阀;
V₃——充、排气阀; H₁和H₂——加热器;
T₁, T₂和T₃——热电偶; S——弹簧(1Cr18Ni9Ti)。

(本装置恒温区长度为 500 cm 左右), 釜体升温速度控制在 1.5°C/min 左右。随着釜体温度和蒸汽压力的升高, 惰气被压缩至上部空间和连通管 P₁ 和 P₂ 内, 并在相应各处形成水封。系统内部的压力由压力表 G 测得。试验中, 惰性气阻止住镍套筒 C₂ 与釜腔 C₁ 间介质的相互传递, 保持试液成份稳定, 并传递蒸汽压力使套筒内、外两侧保持压力平衡。

盛放浓碱介质和材料试样的内套筒由纯镍制成, 套筒上盖加工成碟形便于多次焊封, 焊缝尽量浅薄以便打磨掉焊缝金属后拆卸。采用焊接结构可使套筒结构紧凑、工作安全。打磨焊缝金属可设计专门的切割装置。套筒内试样架, 采用与试样同类材料制成, 并避免焊接以防止 SCC 的发生。

2. Incoloy 800 合金浓碱 SCC 试验

在上述试验装置中对核电厂蒸汽发生器传热管材料 Incoloy 800 合金进行浓碱 SCC 试验。试样有喷丸表面处理直管(50 cm), 其压应力为 60 kg/mm²; 喷丸表面处理和未经表面处理的 C-型应力试样, 拉应力分别为 16—36 kg/mm² 和 32—56 kg/mm² 两种。试验条件及结果如下

(1) 30%(wt) NaOH, 260°C。每次试验周期 200 h 换液。经 900 h 试验后三类试样均无 SCC 发生。600 h 试验结束时, 发现试样表面呈均匀黑棕色并有晶粒脱落。经测定表明, C-型试样表面应力由拉应力转变为压应力。

(2) 含氯离子 10000ppm 介质, 260°C。每 200 h 换液。经 900 h 后, 三类试样表面光泽, 应力状态均未发生变化。但是, 直管喷丸试样压应力表面出现坑蚀锈点, 并随试验时

间增加锈点逐渐发展成辐射状裂纹，但至试验结束未见穿透。

(3) 50%(wt)NaOH, 300°C试验。经 200 h 试验后，喷丸处理试样表面保持完整，未经喷丸表面处理的试样发生明显 SCC，图 3 和 4 分别为试样的宏观和微观照片，测得该 SCC 试样的应力值为 48 kg/mm²。

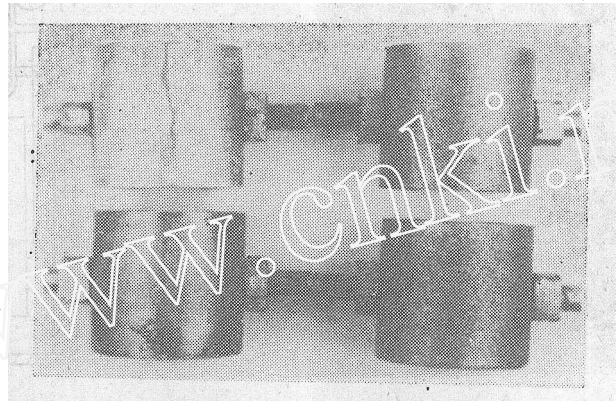
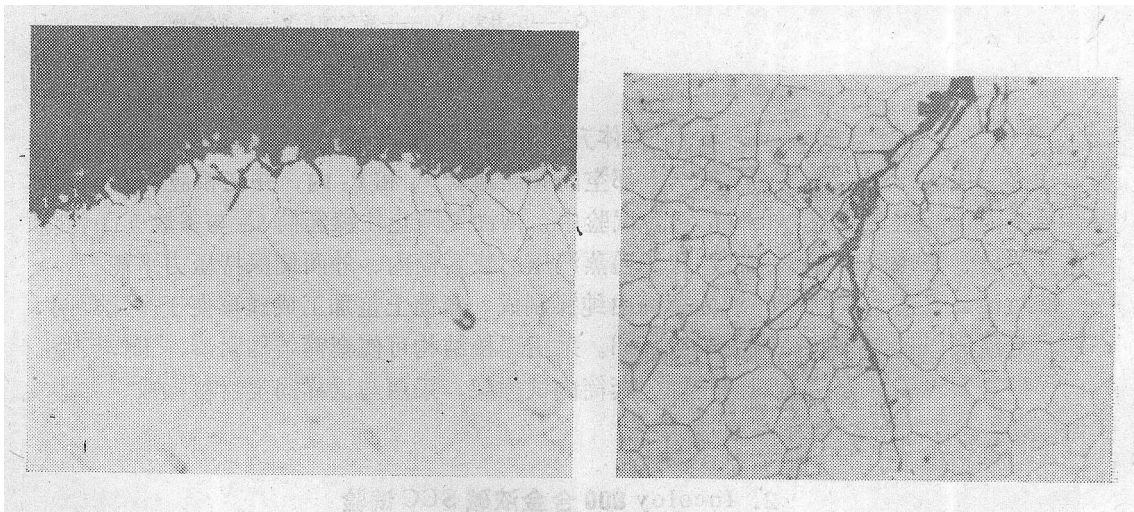


图 3 C-型试样 SCC 宏观照片
Fig. 3 Macro-photograph of C-type specimen SCC
Incoloy 800, 50% NaOH, 300°C, 200h
喷丸处理(左); 未经喷丸处理(右)。



喷丸表面处理 未经喷丸表面处理
图 4 C-型试样 SCC 微观照片
Fig. 4 Micro-photograph of C-type specimen SCC
Incoloy 800, 50% NaOH, 300°C, 200 h, × 400。

三、结 束 语

浓碱介质 SCC 试验用高压釜装置经多次试验运行成功表明，该装置可以在 50%(wt) NaOH 浓碱介质或加浓含氯离子(10000 ppm)介质中，对核电厂蒸汽发生器传热管材料进行 SCC 研究和长期工况考验。最高使用温度 300°C。

Incoloy 800 合金浓碱 SCC 试验结果表明，采用 50%(wt)NaOH, 300°C 试验介质条

件, 可以作为 SCC 加速试验方法, 对传热管材表面质量进行快速鉴定。结果表明, Incoloy 800 合金采用喷丸表面处理有利于抑制 SCC 的发生。

本装置在国内首次对核电厂蒸发器传热管材在 50%(wt)NaOH 浓碱, 300°C 高温条件下成功地进行了 SCC 考验, 为今后该类研究 SCC 工作提供设备保证。

(编辑部收到日期: 1988年4月14日)

DEVELOPMENT OF EQUIPMENT FOR TEST OF CAUSTIC STRESS CORROSION CRACK (SCC) OF STEAM GENERATOR TUBE IN NUCLEAR POWER STATION

ZHANG DAODE XU YONGLI PU CHUNXIA CHU HAIHUI

(China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275, Beijing)

ABSTRACT

In nuclear power station, reactor is often forced to shut down for maintenance due to serious stress corrosion crack of steam generator tube. To study the tendency of steam generator tube to SCC, a type of autoclave device for SCC test in caustic solution is developed. The container fabricated from Nickel with welding seal is used for placing caustic solution and material specimens. The container is put in the autoclave, connected with autoclave outside with pipe, and filled in with pure argon at 2-3 kg/cm².

C-type of specimen is used for SCC test. Incoloy 800 alloy specimens with shot peening and without shot peening are tested in 50% (wt) NaOH solution at 300°C, and SCC is observed on specimens without shot peening after 200 h exposure to above condition.

The results show that this autoclave device is reliable and safe in use, it will be able to meet the needs of caustic SCC testing of materials for steam generator tube in nuclear power station.

Key words Steam generator, SCC, Caustic solution, Autoclave.