

304 不锈钢焊缝在 NaCl 溶液中 SCC 的下限温度

方 智 曹 备 吴荫顺 朱日彰

(表面科学与腐蚀工程系)

摘 要 本文用慢应变速率实验技术研究了 304 不锈钢焊接接头在 NaCl 溶液中的应力腐蚀行为。结果发现:该体系发生应力腐蚀存在一个界限温度,NaCl 浓度低于 1.0mol/L 时,界限温度随 NaCl 浓度的增加而下降;NaCl 浓度高于 1.0mol/L 时,SCC 的界限温度在很宽 NaCl 浓度范围内变化不大。并给出了该体系发生 SCC 的 $T^{\circ}(\text{C}) - [\text{Cl}^{-}]$ -SCC 图。焊接接头的应力腐蚀发生在焊缝区,应力腐蚀裂纹是沿着奥氏体枝晶间的 δ -铁素体扩展的。

关键词 焊缝, 应力腐蚀开裂, 氯化物, 界限温度

The Critical Temperature for The SCC of 304SS Weldments in Solutions of NaCl

Fang Zhi Cao Bei Wu Yinshun Zhu Rizhang

(Dept. of Surface Science and Corrosion Engineering)

ABSTRACT The stress corrosion cracking of 304SS weldments in NaCl solutions has been studied by SSRT technique. It was found that there exists a critical temperature for the SCC in this system. The critical temperature decreases with the increase of NaCl concentration when the concentration of NaCl is lower than 1.0mol/L, but it doesn't change much in a wide range of NaCl concentration when the concentration of NaCl is higher than 1.0mol/L. The diagram of $T^{\circ}(\text{C}) - [\text{Cl}^{-}]$ -SCC has been given. For the weldment, SCC occurs in weld fusion zone and propagates along δ -ferrite phase between austenite dendrites.

KEY WORDS weld, stress corrosion cracking, chloride, critical temperature

固溶态的奥氏体 304 不锈钢在钝化状态下,只有在某个临界温度以上,才会在接近中性氯化物溶液中发生应力腐蚀开裂(SCC),且 SCC 的敏感性随温度的提高而增强。低于临

界温度,体系不会发生 SCC。目前已经报道的这个临界温度的最低值是 45~50 C 之间^[1]。钝化状态下发生的 SCC 是穿晶型的。焊缝由于其不平衡和不完全的冶金反应和快速结晶过程,使焊缝存在着成分和组织的不均匀性,所以组织是不稳定的。元素在枝晶、柱晶之间,尤其是在最后结晶的焊缝中间靠上部分,最容易偏析,从而降低焊缝的耐蚀性和力学性能^[2]。同时由于焊接残余应力的作用,焊缝金属常常优先于母材发生 SCC。

本文对 304 不锈钢焊缝在近中性 NaCl 溶液中的应力腐蚀行为进行了研究,确定其发生 SCC 的条件,进而确定体系发生 SCC 的下限温度和 Cl^- 浓度对 SCC 敏感性的影响。

1 实验方法

实验用 304 不锈钢的化学成分为 (%): 0.064C, 0.36Si, 0.93Mn, 0.010S, 0.024P, 17.51Cr, 9.90Ni。制作焊缝前,材料先经固溶处理: 1050 C $\times$ 30min, 水淬。

在制备拉伸试样时,试样的长度方向垂直于焊缝,使焊缝区位于拉伸试样的中间。应力腐蚀实验的试样为圆柱形拉伸试样,标距部分尺寸为直径 3.5mm $\times$ 25mm。实验前试样的标距部分需经电解抛光,以获得均匀光滑的表面状态。

用慢应变速率实验 (SSRT) 方法进行应力腐蚀实验。应变速率为 $1 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$, 通过试样的断裂寿命、延伸率和断面收缩率来评价应力腐蚀敏感性。拉断的试样在金相显微镜和扫描电镜 (SEM) 下观察分析应力腐蚀裂纹特征和断口形貌。

2 实验结果

图 1 为 NaCl 浓度对 50 C 和 75 C NaCl 溶液中 SSRT 拉伸试样的断裂寿命的影响,对延

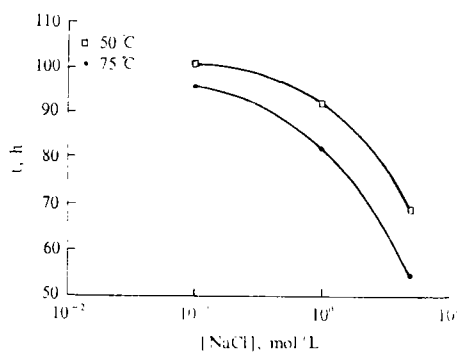


图 1 NaCl 浓度对 50 C 和 75 C 断裂寿命的影响 ($1 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$)

Fig. 1 The dependence of time to failure on NaCl concentration at 50 C and 75 C ($1 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$)

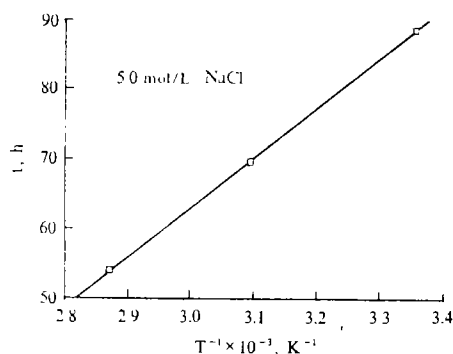
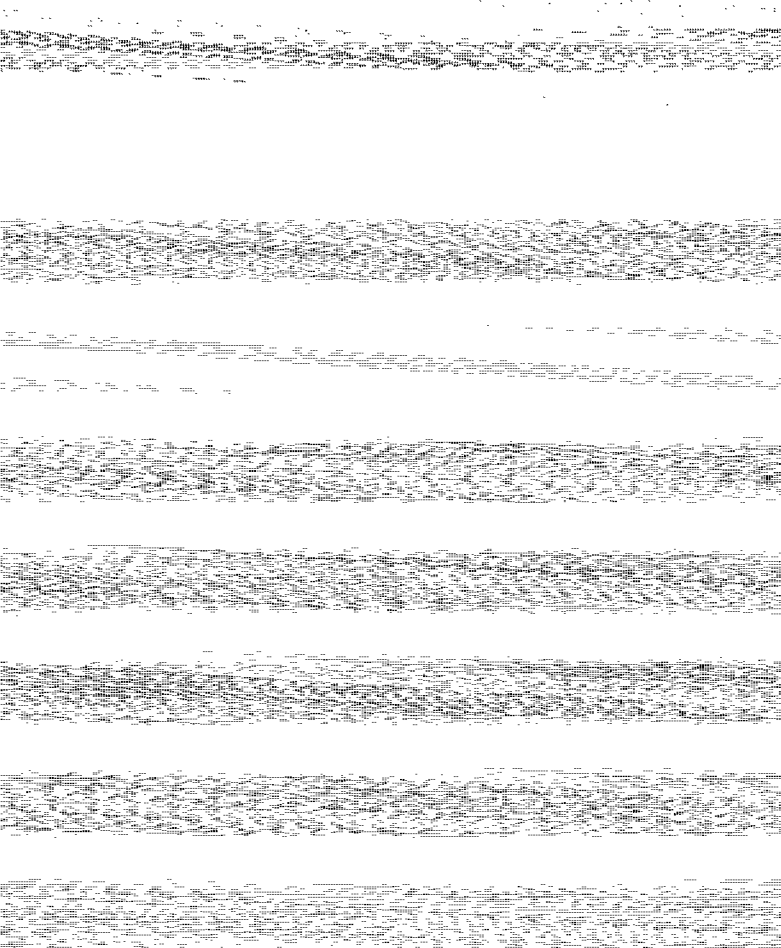
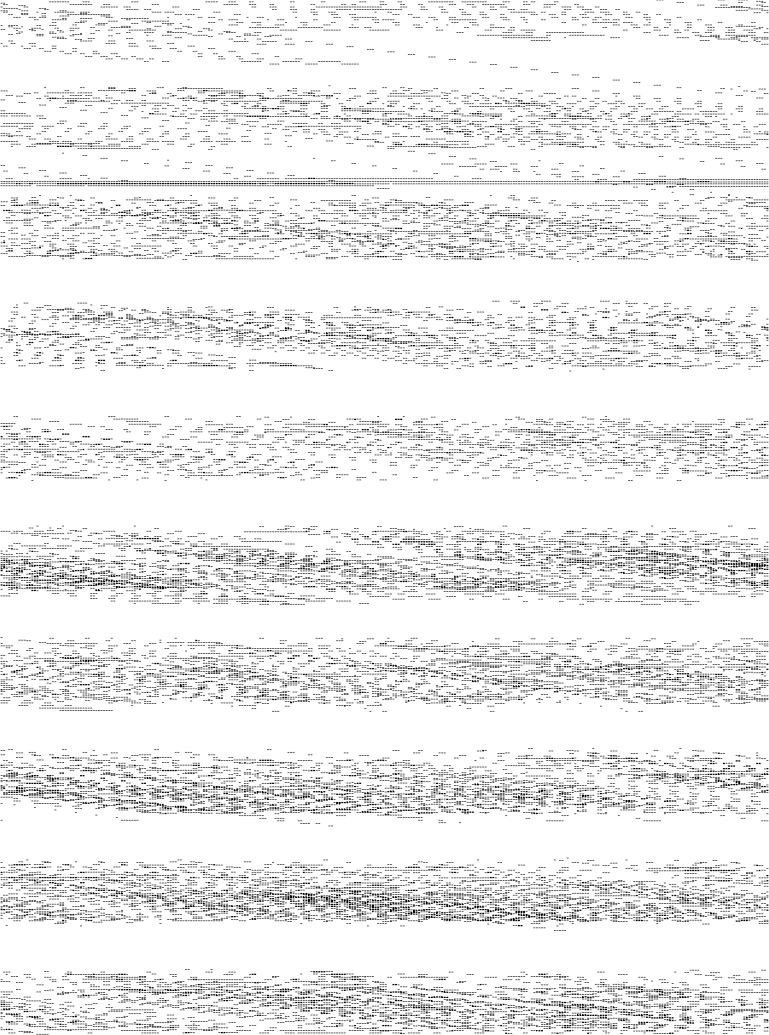


图 2 温度对 5.0mol/LNaCl 溶液中试样断裂寿命的影响

Fig. 2 The effect of temperature on time to failure of specimens in 5.0mol/L NaCl by SSRT ($1 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$)





长周期的实验,亦有可能得出相反的实验结果。

在我们的实验中“304 不锈钢焊缝在近中性含 Cl^- 溶液”体系发生 SCC 也存在一个下限温度,对于不同浓度 NaCl 溶液,这个下限温度值也不同。当溶液中 NaCl 浓度小于 1.0mol/L ,发生 SCC 的下限温度随 NaCl 浓度增加而下降;当 NaCl 浓度超过 1.0mol/L 时,发生 SCC 的下限温度随 NaCl 浓度的变化改变不大,且位于 $40\sim 45\text{ }^\circ\text{C}$ 之间。因此,304 不锈钢焊接接头在接近中性氯化物溶液在钝化态下不发生 SCC,可以安全使用。但是,材料在使用中,意外地转化为活化态(如在一些缝隙处形成的闭塞电池内),那么也会在室温下产生活化态下的 SCC。

实验结果还表明,在近中性氯化物溶液中的应力腐蚀开裂在低应变速率下容易发生,因而是一种长周期行为,前提条件是高 Cl^- 浓度,这一点和孔蚀、缝隙腐蚀有关。毫无疑问,温度的提高,可以缩短裂纹形成的孕育期,并且提高裂纹扩展速率。Richter^[3]用示踪法的研究结果表明:温度的升高,可以促进局部 Cl^- 吸附的传输过程,为理解温度的影响提供了一条线索。

4 结 论

(1) 304 不锈钢焊接接头在室温 NaCl 溶液中不发生 SCC,可以安全使用。

(2) 该体系 SCC 发生存在一个界限温度,NaCl 浓度小于 1.0mol/L 时,随溶液中 NaCl 浓度的增大,界限温度下降;当 NaCl 浓度超过 1.0mol/L ,这一界限温度在很宽 NaCl 浓度范围内变化不大,且位于 $40\sim 45\text{ }^\circ\text{C}$ 之间,给出了该体系的 $T\text{ }[^\circ\text{C}] - [\text{Cl}^-] - \text{SCC}$ 图。

(3) 304 不锈钢焊接接头在 NaCl 溶液中发生的 SCC 是在焊缝区,应力腐蚀裂纹是沿着奥氏体枝晶间的 δ -铁素体扩展的。

参 考 文 献

- 1 Herbsleb G, Stalder F. Mat - Wiss u. Werkstofftech, 1989; 20: 26
- 2 韩怀月. 钢铁, 1986, 21: 39
- 3 Richter M, Walter A. Werkst Korros, 1988, 39: 355