

## 研究論文

## BWR 下の SUS304L 鋼で生じる粒内応力腐食割れに及ぼす結晶粒微細化の影響

† 広田憲亮\*\*\*, 中野寛子\*, 武田遼真\*, 井手広史\*, 土谷邦彦\*, 小林能直\*\*

## Effect of Grain Refinement on Transgranular Stress Corrosion Cracking in SUS304L under Boiling Water Reactor conditions

by

Noriaki HIROTA\*\*\*, Hiroko NAKANO\*, Ryoma TAKEDA\*, Hiroshi IDE\*,  
Kunihiko TSUCHIYA\* and Yoshinobu KOBAYASHI\*\*

(Received Oct. 24, 2024; Accepted Nov. 18, 2024)

## Abstract

A comparative analysis of the 0.2% yield stress in SUS304L stainless steel revealed that lower strain rates and higher temperatures significantly reduce yield stress. Grain refinement from 68.6 $\mu\text{m}$  to 0.59 $\mu\text{m}$  minimally impacted the rate of yield stress reduction at slower strain rates. However, finer grains showed a decrease in yield stress at reactor operating temperature compared to room temperature. In slow strain rate tests under conditions promoting transgranular stress corrosion cracking (SCC), SUS304L with grain sizes of 28.4 $\mu\text{m}$  or smaller exhibited similar fracture strains comparable to those at reactor operating temperatures, whereas coarse-grained SUS304L showed reduced fracture strain. Microstructural analysis showed that in smaller grains, over 87% of the fracture surface was ductile. In particular, SUS304L with 0.59 $\mu\text{m}$  grains exhibited a higher presence of  $\{111\}/\Sigma 3$  boundaries, which decreased with grain growth. These results indicate that grain refinement will suppress transgranular SCC by slowing corrosion progression through increased  $\{111\}/\Sigma 3$  boundaries.

**Keywords:** Slow strain rate test, Transgranular stress corrosion cracking, Fine-grained stainless steel, Brittle fracture,

## 1. 緒言

これまで沸騰水型原子炉 (Boiling Water Reactor : BWR) のシュラウドにおける溶接部近傍で、応力腐食割れ (Stress Corrosion Cracking : SCC) が多数確認されてきた<sup>1)</sup>。そこで、原子力発電所の信頼性向上のため、これら SCC 発生を抑制すべく、多くの対策が、多くの研究者らにより検討されて

いる。ところで、この SCC 発生には、主に材料、環境、応力の 3 つの要因が関与するとされている。材料の観点では、SUS304 鋼の結晶粒界近傍に Cr 欠乏層が形成されることにより、鋭敏化が促進され、SCC 発生に至るとされている<sup>2)</sup>。

そこで研究者らは、この SUS304 鋼の炭素含有量を大幅に低減した SUS304L 鋼を開発することで、鋭敏化を抑制する対策を講じてきた<sup>3)</sup>。しかし、この SUS304L 鋼でも、厳しい水質条件、応力条件下では、SCC 発生に至ることが一部の研究者らにより報告されている<sup>4)</sup>。一方で、環境の観点では、BWR 運転環境下で、水中の溶存酸素 (Dissolved Oxygen : DO) 量を 20 ppb 以下とし、かつ低ひずみ速度で引張試験

(Slow Strain Rate Test : SSRT) を実施した際、粒内 SCC が発生し、DO 量を 1 ppm 以上とした際、粒界 SCC が発生することが、平野らにより報告されている<sup>5)6)</sup>。このことから、水中の DO 量を最適な領域に制御することで、表面からのクラック伝播による SCC 発生を抑制する対策が、現在現場

令和 6 年 10 月 24 日受付

\* 日本原子力研究開発機構大洗研究所：茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番地  
TEL 029-267-1919 FAX 029-266-7703  
Hirota.noriaki@jaea.go.jp

Oarai Research and Development Institute, Japan Atomic Energy Agency: 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-ibaraki-gun, Ibaraki 311-1393, Japan

\*\* 東京科学大学物質理工学院-材料系：東京都目黒区大岡山 2-12-1  
Dept. Materials science and Engineering, Institute of Science Tokyo: 2-12-1 O-okayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8550, Japan

† :連絡先/Corresponding author