PWR 構成材料の SCC 機構研究 －皮膜厚さに及ぼす Fe-Cr-Ni 組成の影響－

SCC Mechanistic Study on PWR Structural Materials

－ Influence of Fe-Cr-Ni Concentration on Oxide Film Thickness－

*寺地 巧[1]，山田 卓陽[1]，有岡 孝司[1]

[1]原子力安全システム研究所

Ni 基合金およびステンレス鋼の PWR1 次系環境下における SCC 機構研究として、Ni と Cr 濃度を変化させたモデル合金を用い皮膜厚さに及ぼす材料組成の影響を評価した。Ni 濃度 36%以下では、高 Cr ほど皮膜が薄く耐食性向上が認められたが、Ni 濃度 60%以上では明瞭な Cr 濃度増加による皮膜厚さの低下は確認されなかった。

キーワード： PWR1 次系、皮膜厚さ、材料組成、SCC 機構、600 合金、690 合金、ステンレス鋼

1. 緒言

加圧水型軽水炉（PWR）の主要な一次系構成材料である Ni 基合金やステンレス鋼は、Fe-Cr-Ni を基本組成とし、高温高圧水中で優れた耐食性を示す材料である。これらの材料は応力腐食割れ（SCC）の感受性を有し、材料組成により SCC 感受性が変化することが確認されている[1]。材料組成の影響としては腐食特性への関与が想定されるが、基礎的な腐食現象を体系的に整理した例は報告されていない。主たる耐食機構としては、Cr を主体とした皮膜が拡散障壁として機能することと考えられる。しかし、前報で示したとおり皮膜厚さは高 Ni 材がアレニウス型の温度依存性を示すが、低 Ni 材は高温側で皮膜が薄くなるなど、単純な酸化物中の拡散現象として整理することは困難である[2]。本報告では Cr 濃度が耐食性に及ぼす影響について評価した結果を述べる。

2. 実験

MA600 合金、TT690 合金、ステンレス鋼および 20~75wt%Ni-16~30wt%Cr-Bal.Fe の代表組成を持つモデル合金を PWR1 次系模擬環境下（500ppmB＋2ppm Li＋DH 30cc/kg H_2O, 320℃）で腐食試験した試料について、表面に形成した皮膜を集束イオンビーム加工装置またはクロスセクションポリッシャーにて断面加工を施した後、SEM による観察から内層皮膜厚さを求めた。なお、表面仕上げは 3μm のダイアモンドペーストによる研磨である。試験時間の異なる部材を評価するため、内層皮膜厚さは腐食速度の指標となる放物線速度定数（*Kp*）（$x^2=2Kpt$: x 皮膜厚さ、t : 試験温度）に換算し評価に用いた。

3. 結果・考察

Kp に及ぼす Cr 濃度および温度の影響を図に示す。Ni 濃度 36%以下の材料では、高 Cr 条件ほど皮膜成長が抑制され *Kp* が低下した。一方、Ni 濃度 60%以上では、皮膜厚さに Cr が明瞭な影響を示さなかった。Cr の効果が Ni 濃度により変化することは、腐食が皮膜中の拡散のみではなく、材料中の拡散や表面の電気化学反応の影響を受けることが要因と考えられる。

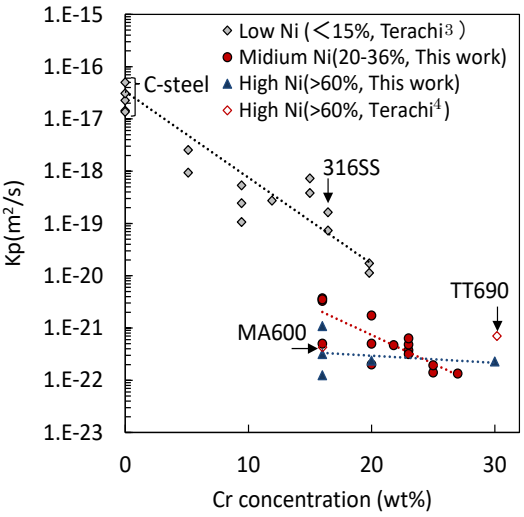

図 *Kp* に及ぼす Cr 濃度の影響
（PWR1 次系模擬条件，320℃）

参考文献

[1] Arioka et al., Corrosion, 74[1], (2018)
[2] 寺地 他，日本原子力学会 2020 年春の年会
[3] Terachi et al., Journal of Nuclear Science and Technology, 45[10] (2008).
[4] Terachi et al., Corrosion 2010, NACE International, No. 10227, (2010).

*Takumi Terachi[1], Takuyo Yamada[1] and Koji Arioka[1]
[1]Institute of Nuclear Safety System, Inc.