

高温水中 SUS630 の SCC 進展挙動に及ぼす長時間熱時効の影響 硬さと微細組織変化からの検討

The effect of long term thermal aging on SCC growth behavior of SUS630 in high temperature water

Study of hardness and microstructural changes with aging

*山田 卓陽¹, 寺地 巧¹, 岡本 マキエ¹, 有岡 孝司¹

¹原子力安全システム研究所

SUS630 (17-4PH ステンレス鋼) の高温水中 SCC 進展挙動に及ぼす長時間熱時効の影響を調べた。SCC 進展速度は、400°Cと 350°Cの熱時効により増加する傾向が確認された。同材料の硬化因子として、Cu-rich 相、G 相の生成、スピノーダル分解 (Cr の濃度変調) などを確認した。

キーワード : SUS630、17-4PH ステンレス鋼、高温水中 SCC 進展挙動、熱時効、析出硬化熱処理

1. 緒言 : 析出硬化型マルテンサイト系ステンレス鋼の SUS630 (17-4PH ステンレス鋼) は、耐食性と高強度を兼ね備えていることから、軽水炉においても高強度が求められる弁棒等として用いられている。軽水炉での損傷事例では、比較的高温の使用条件で、高硬度の析出硬化熱処理条件や長期間使用後の場合に SCC が報告されている[1]。また、長期間熱時効されると硬化が進むことが指摘されている[2]が、その SCC 挙動への影響は解明されていない。前報では、SUS630 は析出硬化熱処理だけでなく 400°Cの熱時効で硬化が生じ、SCC 進展速度の増加にはこれらの硬化が影響することを報告した[3]。本報告では、より実使用温度に近い 350°Cの熱時効材を加えて同材の SCC 挙動を評価し、SCC 進展速度と硬さ及び微細組織変化 (硬化因子) との関係を検討した。併せて、試験温度と試験応力の影響についても調べた。

2. 実験方法 : 供試材は市販の SUS630 で、析出硬化熱処理条件は H900、H1025、H1100 及び H1150 の 4 種類とした。熱時効は 400°Cと 350°Cで最長 10,000 時間実施した。SCC 進展試験は 0.5 インチ厚さの CT 試験片を用い、標準的な PWR 一次系環境を模擬し 500ppmB+2ppmLi, 30cc/kg-DH の水中で行った。試験温度は 250~320°C、応力拡大係数は $K=30\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ で一定荷重とし、試験時間は約 1,000 時間とした。SCC 進展速度 (mm/sec) は、平均 SCC 深さ (mm) を試験時間 (sec) で除すことで評価した。

3. 結論 : 比較的高靱性の H1100 と H1150 は、試験温度 290°C 以下であれば高応力 ($K=30\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$) 条件であっても SCC 進展が全く観察されなかった。しかし、400°Cと 350°Cで 10,000 時間までの熱時効の影響を調べた結果、H1100 と H1150 は熱時効時間につれて硬化し、それに伴い SCC 進展速度が増加した (図 1)。この材料の硬化因子として、Cu-rich 相 (図 2 中 1,3)、その横に G 相の生成 (図 2 中 2,3)、スピノーダル分解 (Cr の濃度変調) などを確認した (図 2)。

参考文献 : [1] A. Olender et al., Fontevraud 8, 186, T05, (2014). [2] B. Yrieix, M. Guttman, Materials Science and Technology, 9, pp.125-134, (1993). [3] 山田ら 日本原子力学会 2018 年春の年会, (2018).

*Takuyo Yamada¹, Takumi Terachi¹, Makie Okamoto and Koji Arioka¹,

¹Institute of Nuclear Safety System, Inc.

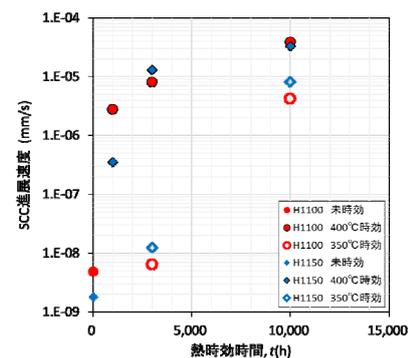
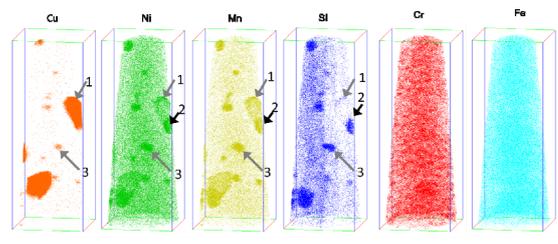


図 1 H1100 と H1150 の SCC 進展速度 (320°C) と熱時効時間の関係



ボックスサイズ:56×56×149nm³

図 2 アトムプローブ分析による H1150 (400°C10kh) のアトムマップ