

圧力バウンダリ構成部で使用するステンレス溶接金属の 熱時効脆化評価のための基盤技術開発 (4) スピノーダル分解予測モデルの開発

Fundamental technology development for evaluation of thermally ageing embrittlement
of stainless steel welds used as pressure boundaries in nuclear power plants

(4) Development of spinodal decomposition prediction model

*源 聡¹, 堀内 寿晃², 阿部 博志³, 竹田 陽一³, 渡邊 豊³

¹物質・材料研究機構, ²北海道科学大学, ³東北大学

二相ステンレス鋼の熱時効劣化挙動におけるスピノーダル分解の性質を評価するために、Fe-Cr 2 元系に着目して、熱力学平衡計算を基礎においた相分離形成過程の理解を進めている。照射により発生しうる過剰な空孔の影響を取り入れた動力学解析に移るためにまずは、空孔を保存量として取り扱った場合の熱力学パラメータや拡散に対する影響を評価した。

キーワード：二相ステンレス鋼, BCC 相, 二相分離, 過剰空孔, 熱力学計算, 相安定性, 拡散

1. 緒言

原子炉容器内面クラッドや一次系配管の溶接部に用いられる二相ステンレス溶接金属は、長期間の運転によりフェライト相が二相分離を起こすと共に G 相の析出との関係で熱時効脆化を起こすことが懸念されている[1]。しかし、照射量の影響を加味しながら実験的に熱時効脆化の挙動を確認するためには長期間の試験が必要であり容易ではない。本研究では照射の影響を加味した二相ステンレス鋼における BCC 相の二相分離挙動を把握することを目的として、過剰空孔が存在すると仮定した状態での熱力学 Gibbs エネルギーや拡散に対する影響の評価を行った。

2. 計算方法

実際に用いられている材料は多元系であるが、二相分離の挙動が Fe-Cr 間の相互作用に起因すると仮定して、二元系に単純化した上で、空孔が熱平衡状態よりも過剰に存在すると仮定した状態での Gibbs エネルギーの変化を空孔生成エンタルピーなど[2]から吟味し、相平衡状態の変化を検証した。さらに空孔が拡散に及ぼす影響の評価を実験データ[3]を元に行った。

3. 結果及び考察

過剰な空孔が存在する Fe-Cr 2 元系において、空孔が導入されることで Cr 量の少ない領域でスピノーダル分解が起こる可能性示唆された。また拡散定数の Cr 量、空孔量依存性を明らかにし、動力学計算のための基礎物性パラメータとして利用できる目処をつけた。

謝辞

本研究は、「文部科学省 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」により実施された「圧力バウンダリ構成部で使用するステンレス溶接金属の熱時効脆化評価のための基盤技術開発」の成果である。

参考文献

[1] A. Trautwein and W. Gysel: Stainless Steel Castings, ASTM STP 756 (1982), 165-189.

[2] WeiXiong et al., CALPHAD, 35 (2011) 3, 355-366.

[3] Chan-Gyu Lee, Yoshiaki Iijima, Tatsuhiko Hiratani, Ken-ichi Hirano: Mater. Trans. 31 (1990) 4, 255-261.

*Satoshi Minamoto¹, Toshiaki Horiuchi², Hiroshi Abe³, Yoichi Takeda³, Yutaka Watanabe³

¹National Institute for Materials Science, ²Hokkaido University of Science, ³Tohoku University