

圧力バウンダリ構成部で使用され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 (7) G 相析出予測モデルの開発

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

(7) Development of prediction model for G phase precipitation

*堀内 寿晃¹, 源 聡², 越石 正人³, 阿部 博志⁴, 渡邊 豊⁴

¹北海道科学大学, ²物質・材料研究機構, ³日本核燃料開発, ⁴東北大学

G 相析出による 2 相ステンレス鋼の照射下熱時効劣化挙動を評価するために、熱力学データベースを新規開発して熱力学平衡計算を行うとともに、G 相析出のシミュレーションを行い、照射の影響を加味した G 相析出挙動を評価した。G 相析出挙動の計算結果は、本研究の実測値の傾向と良く一致した。

キーワード： 二相ステンレス鋼、G 相、熱力学計算、相安定性、析出挙動

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中に G 相(Ni, Si, Mn を主体とする金属間化合物)が析出して熱時効脆化を起こすことが懸念されているが[1]、多成分系の G 相に関しての熱力学的な考察はこれまでほとんどなく、照射下における長期間の熱時効試験も容易ではない。本研究では熱力学データベースを新規開発して熱力学平衡計算を行うとともに、G 相析出のシミュレーションを行い、照射の影響を加味した G 相析出挙動を評価した。

2. 計算方法

本研究の実験で用いたステンレス溶接金属に対して、新規開発した熱力学データベースを使用して Thermo-Calc (ver. 2017b)により G 相の安定性に及ぼす空孔濃度、温度及び合金組成の影響を評価した。さらに、TC-PRISMA を使用し、拡散データベースは MOB2 (ver. 2.5)を使用して G 相析出挙動のシミュレーションを行った。界面エネルギー等の計算に必要なパラメータは、文献値及び本研究の実験結果を参考にして調整した。照射による過剰空孔の影響については拡散速度の増加という形でモデル化した。

3. 結果及び考察

熱力学平衡計算の結果、照射によりフェライト母相に過剰空孔が導入されても、G 相を含む各相の安定性にはほとんど影響がないことが示唆された。G 相析出挙動計算の結果は、本研究で得られた熱時効硬化挙動の実測値の傾向と非常に良く一致した。また、各熱時効時間に対する G 相のサイズ分布やフェライト相の各元素濃度等、長時間の熱時効における G 相析出及び成長挙動に関する様々な情報を取得できることが示された。さらに、照射下においては G 相析出開始時間が数百分の 1 になることが予測された。

謝辞

本研究の一部は、「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され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.

*Toshiaki Horiuchi¹, Satoshi Minamoto², Masato Koshiishi³, Hiroshi Abe⁴, Yutaka Watanabe⁴

¹Hokkaido Univ. of Science, ²National Institute for Materials Science, ³Nippon Nuclear Fuel Development, ⁴Tohoku Univ.