

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 (3) 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

(3) Development of prediction model for G phase precipitation

*堀内 寿晃¹, 源 聡², 阿部 博志³, 竹田 陽一³, 渡邊 豊³

¹北海道科学大学, ²物質・材料研究機構, ³東北大学

G 相析出による 2 相ステンレス鋼の熱時効劣化挙動を評価するために熱力学平衡計算を行い、G 相の安定性に及ぼす温度及び合金組成の影響を評価した。さらに、G 相析出挙動のシミュレーションを行った。得られた結果を実験結果と比較することにより、既存の熱力学データベースに対する改良指針を得た。

キーワード： 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]、G 相の析出挙動を実験的に調査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 G 相析出による 2 相ステンレス鋼の熱時効劣化挙動を評価することを目的として、熱力学平衡計算及び G 相析出挙動のシミュレーションを行った。

2. 計算方法

ステンレス溶接金属(316LC)及びステンレス鋳鋼(CF3M)の代表組成に対して、Thermo-Calc (ver. 2016b)を使用し、熱力学データベースは Fe-DATA (ver. 6)を使用して 300~1500℃の温度における熱力学平衡計算を行った。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、各二相ステンレス鋼の 400℃における G 相析出挙動を最長 400,000h (45.6 年)まで評価した。界面エネルギー等の計算に必要なパラメータは、文献値[2]を参考にして調整した。

3. 結果及び考察

G 相の安定性には Ni, Mn, Cr, Si, Mo の添加量が影響し、特に Si と Mo の影響が大きいことが示唆された。主として Si 含有量の違いにより、CF3M は 316LC に比べて G 相の安定性が高いことが示唆された。また、各二相ステンレス鋼に対する 400℃における G 相のサイズ分布予測結果等も得られた。得られた計算結果と実験結果を比較検討することにより、G 相の熱力学的安定性の高精度な評価のためには、G 相の構成元素の見直しを含む既存の熱力学データベースの改良が有効であることが明らかになった。

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] 山田卓陽, 根岸和生, 工藤大介, 桑野寿: INSS Journal, 7 (2000), 145-158.

*Toshiaki Horiuchi¹, Satoshi Minamoto², Hiroshi Abe³, Yoichi Takeda³, Yutaka Watanabe³

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