

JEAC4201 における関連温度移行量評価方法の見直し

(3) 関連温度移行量評価式の提案

Revisions of JEAC4201 Embrittlement Trend Curve

(3) Proposal of Embrittlement Trend Curve

*橋本 資教¹, 佐伯 綾一¹, 野本 明義¹, 中島 健一¹, 大厩 徹², 高田 泰和³

¹電中研, ²関西電力(現 INSS), ³関西電力

ユーザ利便性向上等の観点から「脆化予測法見直し式」の40個の係数を20個に削減して簡素化した「関連温度移行量評価式」を開発し、マイクロ組織変化や関連温度移行量が「脆化予測法見直し式」と同等の評価精度を有することを確認した。

キーワード: 原子炉圧力容器, 照射脆化, 延性脆性遷移温度, 評価式, ブートストラップ法

1. 緒言

JEAC4201-2007 [2013 年追補版] に定められた国内原子炉圧力容器鋼の中性子照射脆化予測法（現行式）の改定にあたり提案された「関連温度移行量評価式」（表1）は、現行式のマイクロ組織変化予測式を見直して評価精度を向上しつつ、現行式と同等の脆化評価精度を得られる「脆化予測法見直し式」（見直し式）をもとに、ユーザ利便性向上等の観点から式の簡素化を図ったものである。本稿では、「関連温度移行量評価式」について検討した日本電気協会破壊靱性検討会の検討内容を報告する。

2. 簡素化の方法

見直し式の簡素化に際して、式の各項の計算結果の入力パラメータに対する感度を調べた。入力パラメータに対して感度が小さい項や、項の計算結果が他の項と比較して相対的に小さいと判断された項を削減した。また、ブートストラップ法により国内鋼材の照射脆化データベースから重複を許してランダムにサンプリングした1万のデータセットを用いて見直し式の40個の係数の相関を調べ、相関がみられる場合にはそれらを統合することで、最終的に係数の個数を40個から20個に削減した。見直し式を簡素化して得られた「関連温度移行量評価式」は、見直し式と同等の評価精度を有することを確認した（図1）

3. 結論

ユーザ利便性向上等の観点から見直し式の40個の係数を20個に削減して簡素化した「関連温度移行量評価式」を開発し、見直し式と同等の評価精度を有することを確認した。

表1. 簡素化した評価式

関連温度移行量	$\Delta RT_{NDT} = 0.6 \sqrt{(C_1 \sqrt{V_f})^2 + (C_2 \sqrt{C_{MD}})^2}$	式中の係数
クラスター体積率	$V_f = V_{clust} C_{SC}$	$A = \zeta_1 (1 - C_{Si}^0) \left(1 + \zeta_3 \frac{\phi}{10^7}\right)$ $B = \zeta_2 (1 + C_{Si}^0) \frac{\phi}{10^{15}} + \frac{\zeta_2 (C_{Si}^0)}{10^7 (C_{Si}^0 + \zeta_2)}$
クラスター体積	$V_{clust} = A + Bt$	$\alpha_i = a_i \left(1 + \frac{\phi}{\alpha_i \phi^{max}}\right)^{b_i}$ $C_{Si}^0 = \beta_i \left(1 + \alpha_{Si} \left(\frac{C_{Si}^0}{C_{Si}^{max}}$
照射誘起クラスターの数密度	$C_{SC}^{ind} = \gamma_1 t + \frac{\gamma_2}{\alpha_1} (e^{-\alpha_1 t} - 1)$	$\beta_i = \beta_i (\hat{\alpha}_i)^{\gamma_i}$ $\beta_i = \begin{cases} \frac{C_{Si}^0 - 0.04}{\hat{\alpha}_i} & C_{Si}^0 - 0.04 > 0 \\ 0 & C_{Si}^0 - 0.04 \leq 0 \end{cases}$
照射促進クラスターの数密度	$C_{SC}^{enh} = \beta_4 \left(1 - \frac{1}{\beta_3 \beta_4 t + 1}\right)$	$\gamma_1 = b_1 \left(1 + b_2 \left(\frac{C_{Si}^0}{C_{Si}^{max}}\right)^{b_2}\right) \phi^{b_3}$ $\delta_1 = d_1 \left(\frac{C_{Cu}^0}{C_{Cu}^{max}}\right)$
マトリックス損傷の数密度	$C_{MD} = \frac{\gamma_1}{\alpha_1} (1 - e^{-\alpha_1 t})$	$a_i, b_i, d_i, \zeta_1, \zeta_2, C_n$ 最適化の対象となる係数
マトリックスCu濃度	$C_{Cu}^{mat} = C_{Cu}^0 - \delta_1 C_{SC}^{enh}$	ϕ : 照射量 C_{Si}^0 : Cu含有量 X^{max} : 平均値 ϕ : 中性子束 C_{Si}^0 : Ni含有量 t : 照射時間 C_{Si}^0 : Si含有量

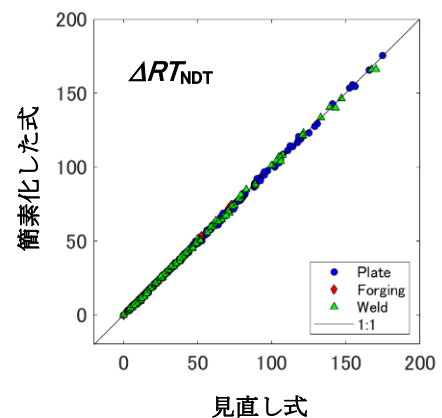


図1. 簡素化した式と見直し式の評価値の比較

*Yoshinori Hashimoto¹, Ryoichi Saeki¹, Akiyoshi Nomoto¹, Ken-ichi Nakashima¹, Toru Oumaya² and Yasukazu Takada³

¹CRIEPI, ²KEPCO (Present:INSS), ³KEPCO