

(737) 高温高压容器の水素誘起割れに対する安全性解析 (第3報)

—— 実容器壁中の残留水素濃度の解析と水素割れに対する安全性評価 ——

日立造船(株) 技術研究所 ○藤井忠臣, 堀田隆一
狭間徳一

1. 目的: 高温高压水素が介在する圧力容器では、鋼中残留水素が第1報で述べた母材の水素割れのみならず、 γ 鋼肉盛金属の水素割れや、肉盛金属はく離割れの原因となる。本報では、第2報で得た2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo鋼の水素拡散係数Dと溶解度Kを用いて実容器壁中の残留水素濃度を解析し、母材の水素割れに対する安全性評価を行った。

2. 残留水素濃度の計算法: 容器壁中の運転停止後の残留水素濃度の計算には、内面肉盛のない容器(ケースI)では解析計算を行い、内面肉盛のある容器(ケースII)では差分計算を行った。用いたD、K値は、母材では第2報Fig.3に示した $\sigma_B = 70 \text{ kgf/mm}^2$ に対応する曲線4を用い、18Cr-8Ni系肉盛金属では、 $D = 2.59 \times 10^{-2} \exp(-6767/T) (\text{cm}^2/\text{s})$ ¹⁾と著者らが実験により得た $K = 12.88 \exp(-1078/T) (\text{ppm})$ を用いた。1) W. Gellerら: Arch. Eisenhüttenwesen, 21(50), 423

3. 水素割れに対する安全性評価: Fig.1は同じ稼動条件でのケースIとIIの実器壁中の残留水素濃度分布の計算例を示す。これより、母材中の極大水素濃度CmaxはケースIIよりIの方が高くなり、Cmax値の計算は冷却速度が充分遅くない場合にはケースIの計算値で安全側に評価できる。Fig.2および3はケースIの実器のCmax値を稼動条件から求めることのできる計算から得た線図である。Fig.2中の τ 値は $D(T)dt$ (t:冷却時間)を使用温度から大気温度(25°C)まで積分した値である。Fig.4は第1報で得たFig.2の結果から、結晶粒度6(50 μm)として得られる K_{IH} と水素濃度と $\sqrt{Tr_s}$ との間の関係を示す。同図には K_{IH} に対応する埋没円欠陥の短径2aも示している。Fig.2, 3, 4から、実器の肉厚、稼動条件および鋼材の使用後の $\sqrt{Tr_s}$ と欠陥寸法が既知の時、水圧テスト時の水素割れ発生の有無が評価できる。

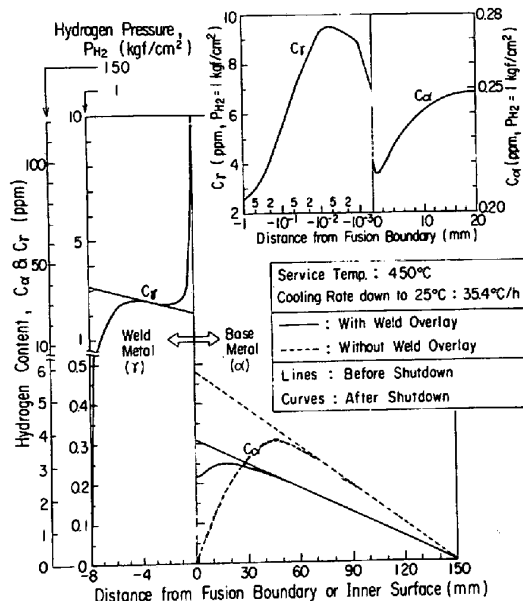


Fig.1 Hydrogen distributions in vessel shell sections before and after shutdown

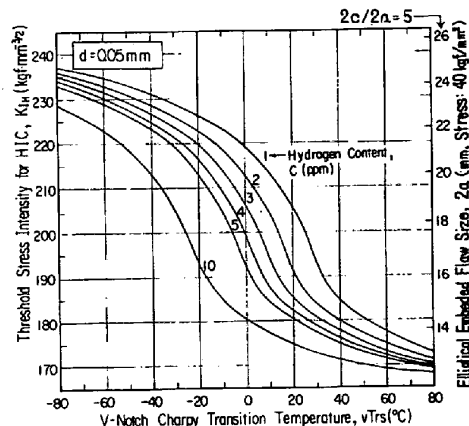


Fig.4 Relation among V-notch Charpy transition temperature, hydrogen content and threshold stress intensity for hydrogen-induced cracking

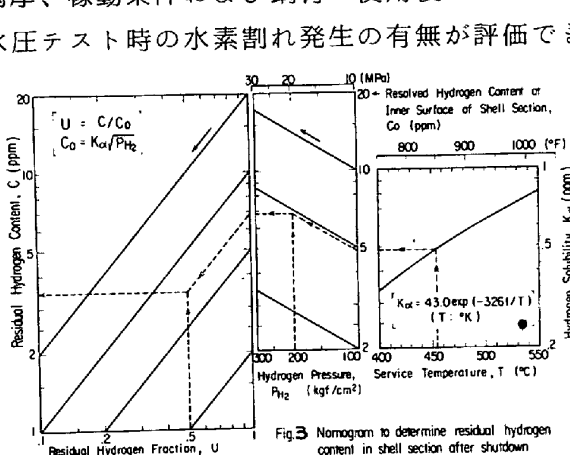


Fig.3 Nomogram to determine residual hydrogen content in shell section after shutdown

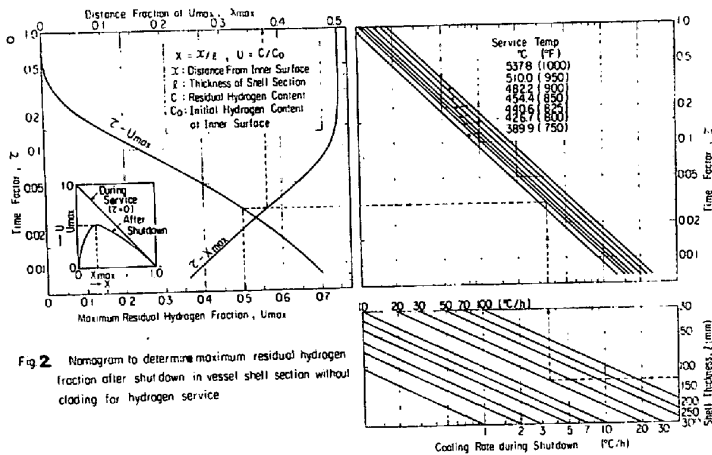


Fig.2 Nomogram to determine maximum residual hydrogen fraction after shutdown in vessel shell section without cladding for hydrogen service