

(736) 高温高压容器の水素誘起割れに対する安全性解析(第2報)

—— 2 1/4Cr-1Mo 鋼の水素拡散係数と溶解度の温度依存性 ——

日立造船(株) 技術研究所 ○藤井忠臣, 堀田隆一

1. 目的: 高温高压水素が介在する圧力容器壁中の運転停止後の残留水素濃度を解析するには、鋼中水素の拡散係数 D および溶解度 K の中常温域の温度依存性を知る必要がある。しかるに、圧力容器用 Cr-Mo 鋼の D 値や K 値は必ずしも明らかにされていない。本報では、2 1/4Cr-1Mo 鋼の D 値と K 値の温度依存性を明らかにすることを目的としている。

2. D 値と K 値の相関性: α 鋼中の見かけの拡散係数 D は、水素拡散過程で格子中の水素と trap site 中の水素の部分平衡を仮定し、A. McNabb らの水素拡散方程式を適用することによって導かれる $D = D_l / (1 + K)$ (1) に従うことはすでに知られている¹⁾²⁾ ここで、 D_l は格子中の拡散係数であり、 K は trap site 中および格子中の水素濃度の比 ($K = K_t / K_l$) で定義される平衡定数である。一方、上記の部分平衡の仮定から微小領域における水素ポテンシャル P は均一と見なせ、 C_l, C_t, C_a をそれぞれ格子中、trap site 中および見かけの水素濃度とし、 K を見かけの溶解度とすると、 $P = C_l / K_l = C_t / K_t = C_a / K$ 、 $C_a = C_l + C_t$ とおくことができ、 $K = K_l (1 + K)$ (2) が導ける。

(1)と(2)式より、真透過能 $\phi = K \cdot D = K_l \cdot D_l$ および境界条件 P_0 が一定の時の見かけの透過能 $J_\infty = C_0 \cdot D = P_0 \cdot K_l \cdot D_l$ も trap site 量に依存しない値となる。 C_0 は飽和濃度。

3. 2 1/4Cr-1Mo 鋼の D 値と K 値の温度依存性: Fig. 1 は第1報で用いた試験片で、グリセリン置換増量法により得られた C_0 と D 値を引張強さ σ_B で整理している。図より、 σ_B 値すなわち転位密度の増加とともに C_0 値は増加し、 D 値は減少するが、Fig. 2 の通り 2 1/4Cr-1Mo 鋼では J_∞ 値は σ_B によらず各温度で一定値となっており、(1)、(2)式の妥当性を示唆している。2 1/4Cr-1Mo 鋼の D 値は焼入れ材ですでに得ており²⁾、 D_l 値は Sykes ら³⁾ が純鉄の高温域で得た $D_l = 7.60 \times 10^{-4} \exp(-1157/T)$ (3) と一致し、 K 値は $K = 1.05 \times 10^{-4} \exp(3573/T)$ (4) となった。坂本ら⁴⁾ が得た上記鋼の焼入れ材と 650°C 焼もどし材で D 値は余り変わらないという実験結果を考慮し、 $\sigma_B = 70 \text{ kgf/mm}^2$ で(4)式が成立するとして Fig. 1 から σ_B の函数としての K 値および D 、 K 値が Fig. 3 中に示している式で与えられる。Fig. 3 は種々の σ_B 値に対する D 、 K 値の温度依存性の計算結果を示している。

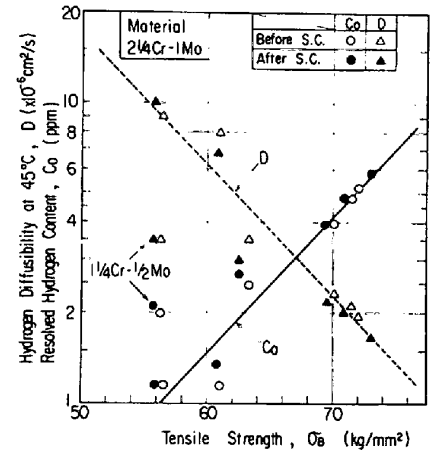


Fig. 1 Effect of tensile strength on hydrogen content resolved by immersion in H₂S-saturated 0.5% acetic acid solution and hydrogen diffusibility at 45°C

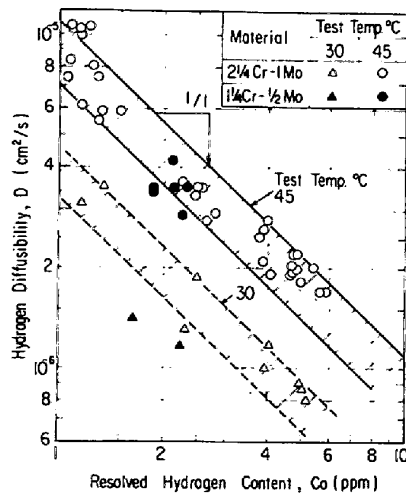


Fig. 2 Relation between hydrogen content resolved by immersion in H₂S-saturated 0.5% acetic acid solution and hydrogen diffusibility

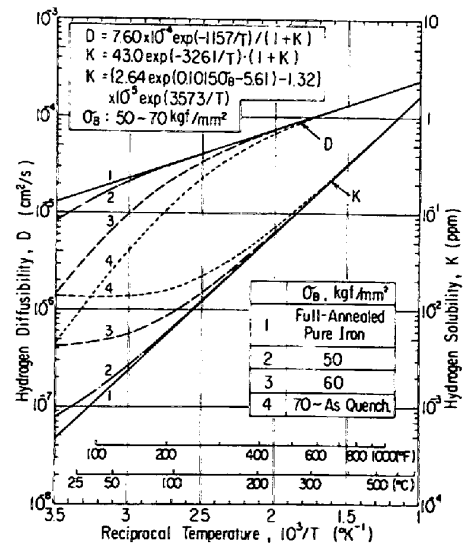


Fig. 3 Temperature dependences of hydrogen diffusibility and solubility in 2 1/4Cr-1Mo steel

- 1) 中井ら: 川鉄技報, 6(74), 3, p. 20
- 2) 藤井: 溶学, 51年春季大会, No 126
- 3) C. Sykes ら: J.I.S.I., 157(47)p156
- 4) 坂本ら: 材料, 28(79), 306, p. 7