

(758) 2 1/4Cr-1Mo鋼製リアクターの水素助長割れ進展性に及ぼす水素量の影響

(株)日本製鋼所室蘭研究部 ○野村 徹, 岩館 忠雄
大西 敬三

1. 緒言 近年各種プラントの老朽化に伴い、供用中の機器の保全が重要な問題となってきた。特に石油精製の圧力容器は高温高圧の水素環境下で使用されるため、使用中の焼戻脆化による破壊靱性値の低下とシャットダウン・スタートアップ時の水素助長割れによる、き裂の進展が懸念される。前報¹⁾では、水素脆化感受性に及ぼす強度レベルの影響について報告したが、本報では、水素脆化感受性におよぼす水素量の影響について検討し、併せて圧力容器のシャットダウン直後の水素濃度分布と残留応力の分布状況を検討し、安全性を考察した。

2. 水素脆化感受性 (K_{IH})に及ぼす水素量の影響

前報まで1)2)に示した2 1/4Cr-1Mo鋼に、水素量が2ppm ~ 7ppmとなる様に水素添加を行い、ライジングロード法によりK_{IH}を求めた。Fig. 1に試験結果を示す。水素量が、約2ppmの場合には、K_{IH}は約200 kg-mm^{-3/2}であるのに対し水素量の増加に伴って、4ppmでは、120 kg-mm^{-3/2}、5.5ppmでは、100 kg-mm^{-3/2}に低下し、さらに約7ppmでは、K_{IH}は70 kg-mm^{-3/2}まで低下することが明らかとなった。

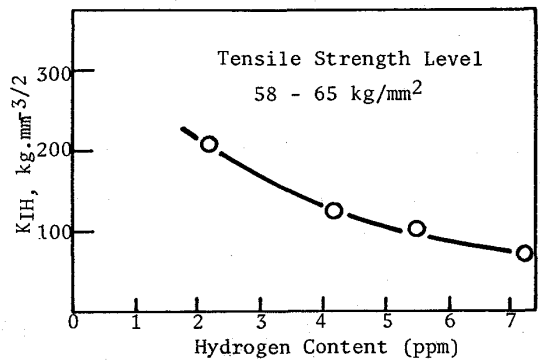


Fig. 1 Effect of Hydrogen on K_{IH}

3. 圧力容器壁における水素濃度分布と残留応力

Fig. 2に、肉厚200mm、運転温度450℃、水素圧150 kg/cm²のモデルベッセルの運転中、シャットダウン後の容器壁の水素濃度分布を示す。シャットダウン直後には、オーバーレイ直下の母材中には、約2.6ppmの水素が残留していることが計算される。Fig. 3にはSachs法によって求めた残留応力から計算した、母材中に進展した、き裂先端の応力拡大係数を、残留応力のみと、内圧230 kg/cm²の時について示す。オーバーレイ直下では、残留応力のみで、K_I=148 kg-mm^{-3/2}程度のK値を示している。

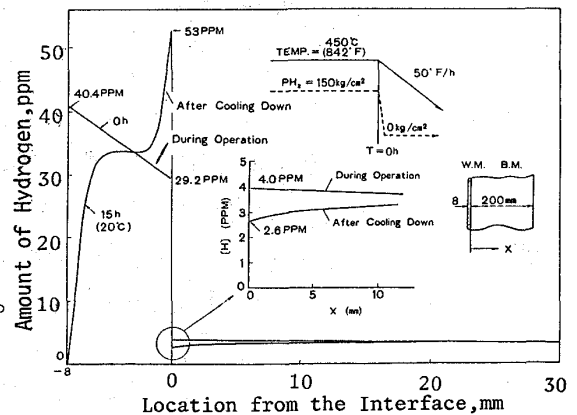


Fig. 2 Hydrogen Distribution during Operation and after Cooling Down to Ambient Temperature.

4. 水素助長割れの進展性

残留応力と内圧から求めたオーバーレイ直下に存在すると仮定した、き裂先端の応力拡大係数 K_I とシャットダウン時に残留する水素濃度から、残留応力のみでは、水素助長割れの進展の可能性は少ないことが推定される。しかし低温加圧を行った場合、K_I 値が K_{IH} を上廻ることが予想される。さらに焼戻脆化の進行した材料では、K_{IH} 値が低くなる³⁾ことが示されており、その様な場合には、残留応力のみでも水素助長割れの進展が懸念される。

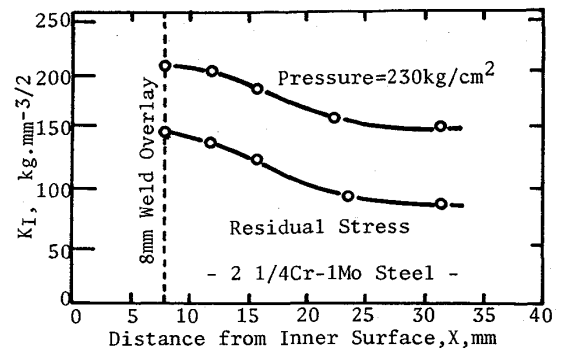


Fig. 3 Stress Intensity Factors due to the Residual Stress and Internal Pressure

参考文献

- 1) 野村, 室, 大西, 村上: 鉄と鋼 Vol 70 No.13 (1984) S-1486
- 2) 野村, 石川, 岩館, 大西: 鉄と鋼 Vol 71 No.13 (1985) S-1303
- 3) Murakami, Nomura, Watanabe, ASTM STP755, 1982 PP383-414.