

(412) 2 1/4 Cr-1 Mo鋼の照射脆化と焼きなましによる回復

日本原子力研究所 ○奥 達雄, 深谷 清, 菊山紀彦

1. 緒 言

原研で研究開発中のヘリウム冷却型高温ガス実験炉の圧力容器材料として予定されている 2 1/4 Cr-1 Mo 鋼は, 使用中に中性子照射, 熱時効, 応力時効等により脆化する可能性がある。これらの脆化を定量的に評価し, それに及ぼす照射条件, 時効条件及び含有不純物元素等の冶金的因子の影響を明らかにすることは圧力容器の設計及び安全性評価にとって必要かつ重要である。しかし, 圧力容器の運転温度である 400 °C 付近での 2 1/4 Cr-1 Mo 鋼の諸特性に及ぼす上記諸因子の影響については比較的データが少ないように思われる。ここでは, 主として中性子照射による脆化と照射後焼きなましによる回復に及ぼす含有 P 及び Cu 量の効果を調べた結果について報告する。

2. 実験方法

Table.1 Chemical composition (Wt%)

Table 1 に示す P と Cu の異なる 3 種類の素材 (25mm 厚板の NT 材) からシャルピー, 引張, かたさ試験片を採取し, JRR-2, VT-1 孔

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mo	As	Sn	Sb
LL	0.15	0.07	0.53	0.004	0.004	2.31	0.05	1.10	0.007	0.005	0.0027
HH	0.13	0.06	0.54	0.01	0.003	2.37	0.10	1.06	0.008	0.006	0.0028
HL	0.14	0.06	0.51	0.012	0.005	2.35	0.05	1.15	0.007	0.006	0.0028

において Table 2 に示す条件で照射を行った。温度と時間だけを照射条件に合致させた熱コントロール試験材及び G.E. 型 Step cooling 処理材のシャルピー遷移特性も調べ照射脆化と比較検討した。照射後焼きなましによるビッカースかたさの変化を 600 °C までの温度範囲で調べた。

Table 2 Irradiation conditions

	Irradiation Temp. C	Neutron Fluence n/cm ² , E > 0.18 MeV
LL	430	1.5 x 10 ¹⁹
HH	400	5.6 x 10 ¹⁸
HL	355	2.1 x 10 ¹⁸

3. 実験結果

Table 3 Transition temperatures after various treatments (C)

	LL	HH	HL
As received	-62	-42	-42
Irradiated	-49	-28	-47
Thermal control	-56	-35	-42
G.E. type S.C.	-57	-23	-18

- (1) ここで行った照射条件では, 低 P 低 Cu 材 (LL) 以外は照射による脆化が認められた。(Table 3)
- (2) G.E. 型 Step cooling 処理によって, 高 P 材 (HH, HL) では遷移温度の大きな増加が認められた。
- (3) P 量が 0.004% 以上の材料では 400 °C 以上約 800 時間の時効により遷移温度が約 4 ~ 8 °C 以上増加した。
- (4) Cu 量が 0.05% 以下のものは, 3.4 x 10¹⁹ n/cm² (E_n > 0.18 MeV) まで照射しても照射脆化を生じなかった。このことは, Cu 含有量を低減化することが高温照射脆化の軽減に有効であることを示唆するものである。
- (5) 低 P 低 Cu 材以外の鋼種については, 350 ~ 450 °C の間の照射後焼きなましにより硬化を生じることがわかった。(Fig. 1)
- (6) P と Cu の含有量の低減化は照射後焼きなましによる再硬化にも有効であることが明らかとなった。
- (7) 照射後 500 °C で 1 時間の焼きなましにより照射前のかたさにほぼ回復することがわかった。
- (8) 照射後焼きなましによる再硬化は, この材料を用いた圧力容器の運転停止のくり返しにより脆化が促進する可能性のあることを示唆している。

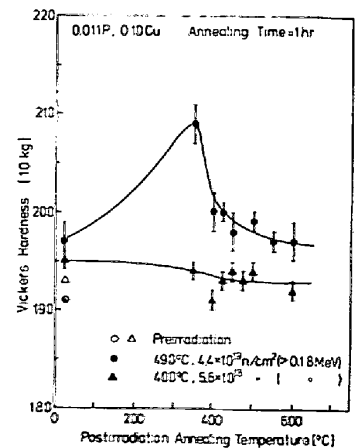


Fig.1 Effect of Postirradiation annealing