

(315) Cr-Mo 鋼の焼もどし脆化材の破壊靱性

日立製作所 日立研究所 ○高瀬 啓雄 浅野 長一

工博 桐原 誠信 正岡 功

勝田工場

森定 祝雄

1. 緒言

化学装置などの高温圧力容器及びその配管材には高温における優れた機械的性質並びに耐水素性を考慮してCr-Mo 鋼が多く用いられている。近年、重油直接脱硫リアクターの大型化及び効率化が進み、より安全な材料設計が要求されるようになってきた。すなわちこの装置の設計温度は使用中脆化を起しやすい領域(350~600℃)にある。この脆化は焼もどし脆化に関連するもので、その脆化の評価はこれまで衝撃遷移温度の上昇で判定している。実機構造物の破壊安全性を評価するには破壊力学的検討が必要であり、そこで本報は2本Cr-1Mo 鋼、5Cr-1/2Mo 鋼及び9Cr-1Mo 鋼の脆化材の破壊靱性(K_{Ic} 及び K_{Id})を調べ、脆化現象を破壊力学的に検討した。

2. 供試材及び実験方法

表1. 供試材の化学成分

供試材は大型鋼塊から切り出し鍛造したCr-Mo 鋼の3鋼種である(表1)。脆化試験片はStep Cooling熱処理によって脆化させた。

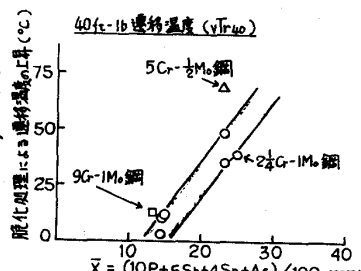
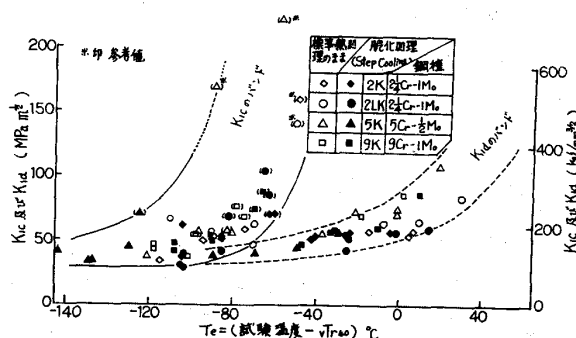
試番	鋼種	化 学 成 分 (%)												X̄
		C	S	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Sn	Sb	As	
2K	2Cr-1Mo鋼	0.11	0.08	0.43	0.010	0.010	0.05	0.18	2.20	1.00	0.008	0.010	0.011	14.8
2LK	"	0.13	0.40	0.46	0.011	0.009	0.15	0.18	2.30	0.99	0.024	0.016	0.023	23.7
5K	5Cr-1/2Mo鋼	0.11	0.24	0.40	0.013	0.008	0.10	0.16	4.90	0.54	0.023	0.012	0.011	23.9
9K	9Cr-1Mo鋼	0.10	0.67	0.41	0.008	0.003	0.04	0.13	8.60	0.99	0.008	0.013	0.010	12.9

* $\bar{X} = (10P + 5Sb + 4Sn + As) / 100$ (PPM)

破壊靱性試験はASTM E-399に基づいた3点支持の切欠曲げ試験片を用い、50t万能試験機(K_{Ic} 試験)及び落重試験機(K_{Id} 試験)を使用して試験した。

3. 実験結果

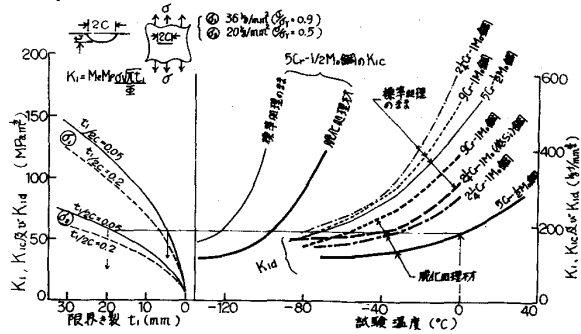
図1は脆化処理による遷移温度上昇の因子に $\bar{X}$ をとり、その一例を示した。2本Cr-1Mo 鋼は $\bar{X}$ の増加により40f-1b

図1. 供試鋼のStep Coolingによる ΔvTr_{40} と脆化係数の対比図2. Cr-Mo 鋼の破壊靱性と vTr_{40} の関係

遷移温度の上昇が顕著である。また5Cr-1/2Mo 鋼もかなり上昇する。図2は破壊靱性と vTr_{40} の関係、図3は破壊靱性と限界き裂深さとの関係を示す。脆化材の破壊靱性は標準処理まま材のものに比べかなり低く、温度依存に伴う靱性の増大する温度が高温側になり、脆化の著しい鋼種ほど差が大きい。一方、 K_{Id} 値は K_{Ic} に対し全般に高温側となり、破壊靱性のひずみ速度依存性が著しく高い。これらの変化を T_e 温度(試験温度- vTr_{40})で整理すると K_{Ic} あるいは K_{Id} の同一バンド内に入る。つまり脆化によって破壊靱性が低下するが vTr_{40} で補正すると脆化前の値と同じとして扱うことができる。

4. 結言

脆化材の破壊靱性は全般的に低く、遷移温度の上昇が大きいものほど著しい。また本鋼はひずみ速度依存性が高い。したがって実機構造物材として用いる場合、使用温度はもとより応力状態を適確に把握し材料設計を行う必要がある。

図3. 供試鋼の破壊靱性と限界き裂(a_c)との関係