

(461)

圧力容器用鋼材の耐破壊特性

原子炉圧力容器用鋼材の製造(第5報)

川崎製鉄(株)技術研究所○田中康浩 小林邦彦 佐野謙一 中野善文

成木朝雄 松本重人 大橋延夫

1. 緒言：原子炉圧力容器用鋼材は破壊に対する安全性を確保するためシャルピー衝撃試験と落重試験により供用限界が定められているが、このような設計の根拠となる材料特性としては A S M E Boiler and Pressure Vessel Code Sec. III に提示されている K_{IR} 曲線の基礎となる静的、動的および亀裂停止破壊靱性 (K_{Ic} , K_{Id} および K_{Ia}) や、同じく Sec. III および Sec. XI の疲労特性値などについての余裕度を十分把握しておく必要がある。

2. 実験方法：供試材は原子炉圧力容器用として実大規模で製造されたシエル用の SA 533 B cl. 1 鋼 (250mm 2 種と 163mm 1 種) と SA 508 cl. 3 鋼 (300mm), フランジ用とドーム用の SA 508 cl. 3 鋼 (400mm と 200mm) である。また、163mm の SA 533 鋼については溶弧アーク溶接部についても調査している。これらはいずれも応力除去焼なまし後に試験に供している。

3. 実験結果： K_{Ic} は主として 25mm 厚の 3 点曲げ試験によって求め、一部 100mm 厚あるいは全厚での試験で求めた。シャルピー試験や落重試験に対応し、各鋼材とも焼入れ時の冷却速度の速い表層部 (0/4t) は格段に高い K_{Ic} を与えるが 1/4t から板厚中心 (2/4t) にかけては均質な特性を有している。計装化シャルピー試験によって求めた K_{Id} の温度依存性の例を図 1 に示す。 K_{Ic} と同様な傾向が見られている。図には 1/4t 部の RT_{NDT} ($-30^{\circ}C$) に対して与えられる K_{IR} 曲線を併記したが、実験値はいずれも本曲線の上方、低温側にある。このような K_{IR} 曲線に対する関係を各種の破壊靱性値について検討した結果の例を図 2 に示す。図中には全厚で実施した ESSO 試験により求めた K_{Ia} や、全厚 CT 試験で求めた溶接熱影響部 (HAZ) の K_{Ic} が含まれている。実験値はすべて K_{IR} 曲線に対し上方、低温側にあり、本鋼材を用いた圧力容器は A S M E Code で定める供用状態では不安定破壊はおこりえないといえる。また、室温および原子炉の稼動温度 ($280^{\circ}C \sim 300^{\circ}C$) における低サイクル疲労特性は各鋼材とも全く同一であり、設計疲労曲線の十分安全側にあった。図 3 は WOL 型試験片で求めた疲労亀裂伝播特性の例であり、溶接部を含め各鋼材ともほぼ同一の特性を有し、図中に併記した A S M E の上限線に対し安全側にある。

* ババコック日立(株)研究所からの提供データを含む。

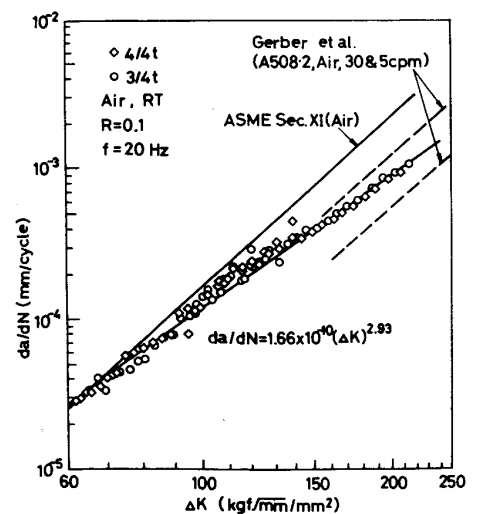
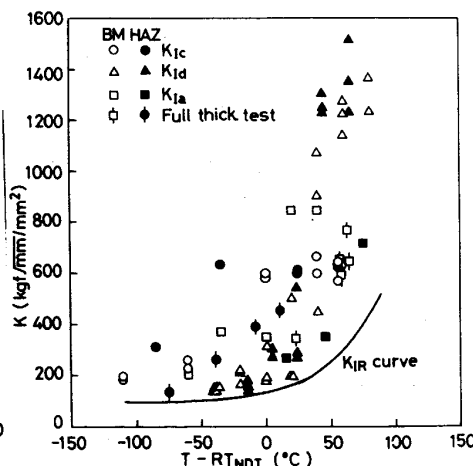
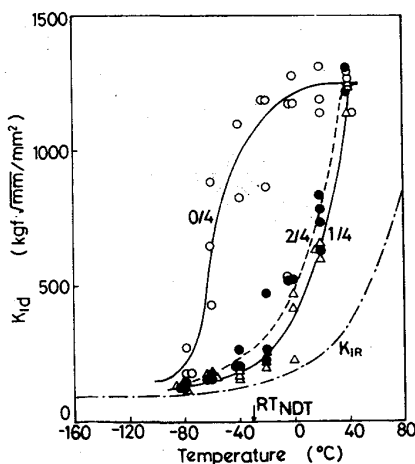


図 1. K_{Id} の温度依存性への肉厚 図 2. K_{Ic} , K_{Id} および K_{Ia} と K_{IR} 位置による影響 (SA 508, 300mm) 曲線の関係 (SA 533, 163mm, 1/4t) (SA 508, 200mm)