

(708) Cr-Mo鋼製圧力容器溶接部の延性破壊抵抗と クリープき裂進展挙動

(株) 日本製鋼所 岩館忠雄 ○兜森俊樹 石黒徹

1. 緒言 高温高压で使用される各種圧力容器の安全性や余寿命評価を行うためには、クリープき裂進展特性や破壊じん性特性を把握する必要がある。したがって本研究では、Cr-Mo鋼の溶接部および母材について、破壊じん性試験およびクリープき裂進展速度試験を実施し、特に溶接HAZ粗粒域での延性破壊抵抗およびクリープき裂進展抵抗性について検討を行った。

2. 供試材および試験方法 供試材は、 $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ 鋼および $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$ 鋼の母材および溶接部である。それらの機械的性質を Table 1 に示す。ここで、溶接条件は $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ 鋼では CMA-96 (5 ϕ) の溶接棒を用いて、入熱量 20.8 kJ/cm で SMAW により行い、また $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$ 鋼では WCM-2A の溶接棒を用いて、入熱量 38.4 kJ/cm で SAW により行った。

破壊じん性試験は ASTM-E813-81 に従い、コンピューター制御による除荷コンプライアンス法を用いて J_{IC} 試験を行った。また、延性破壊抵抗の評価としては、Rカーブの傾きより求められる Tearing Modulus $T_J (= \frac{E}{\sigma_y^2} \frac{dJ}{da})$ を用いた。クリープき裂進展速度は、片側深さ 1.25 mm の半円形の側溝を有する板厚 0.5 インチの 1T-CT 試験片を用い、試験温度 550 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$ で直流電位差法により計測した。

3. 試験結果 (1) Fig. 1 に示すように Upper Shelf 温度域での破壊じん性 K_{IC}(J) はいずれの試験片においても高く 200 MPa $\sqrt{\text{m}}$ 以上である。 $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ 鋼の例をみると、HAZ粗粒域での K_{IC}(J) が最も高く、溶接金属での K_{IC}(J) が最も小さい。(2) 延性破壊抵抗 T_J は、Fig. 2 に示すごとく 1.5~2.0 mm 以上のき裂長さにおいてはほぼ一定の値を示す。その一定領域での T_J 値は温度の上昇に伴って低下するが、母材に比較して HAZ粗粒域での T_J 値は小さいようである。また、 $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ 鋼および $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$ 鋼の HAZ粗粒域での T_J 値の差はほとんどないようである。

(3) $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ 鋼の HAZ粗粒域でのき裂進展速度は、Fig. 3 に示すように $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$ 鋼の HAZ粗粒域での値にくらべて著しく大きな値を示す。その破壊形態は、 $1\frac{1}{4}\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}$ 鋼では粒界型破壊を示し、 $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$ 鋼では延性破壊であった。Cr含有量によってクリープ破断延性が異なることが言われており⁽¹⁾、このことが破壊形態に差異を与え、き裂進展速度の差となって現われていると思われる。

(参考文献) 石黒ほか、鉄と鋼、Vol. 69(1983)S673

Table 1 Mechanical Properties

Steel	Location	0.2% Offset Strength MPa	Tensile Strength MPa	Elongation %	Reduction of Area %	CVN-us Joule	FATT $^{\circ}\text{C}$
1 1/4Cr-1/2Mo	Base Metal	557	655	21.3	71.6	208	+4
	Weld Metal	465	639	22.9	69.2	206	-13
2 1/4Cr-1Mo	Base Metal	500	614	21.7	73.3	—	—
	Weld Metal	484	609	22.5	78.1	191	-31

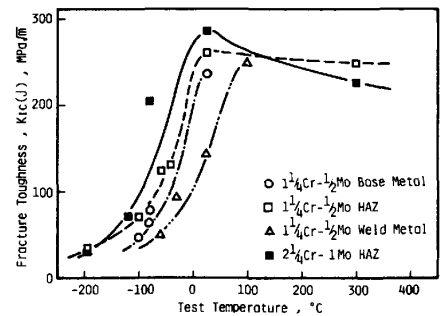


Fig.1 Fracture Toughness of the Welded Joints

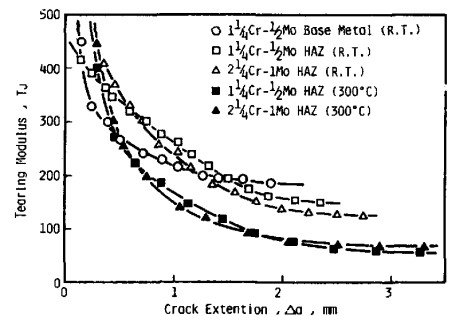


Fig.2 Tearing Modulus of the Welded Joints

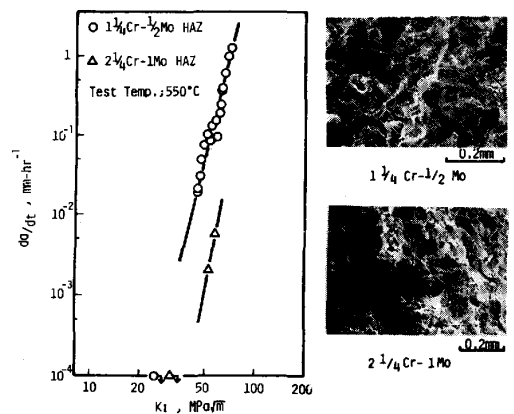


Fig.3 Creep Crack Growth Rate of HAZ