

(425) アンダークラッドクラック感受性評価試験法の開発 —原子炉用鋼のアンダークラッドクラックに関する研究 第1報—

新日鉄 製品研 ○堀谷貴雄 武田鉄治郎
山戸一成 権藤 永

1. 緒言

ASTM A508 cl.2鋼などの原子炉圧力容器用鋼にステンレスのオーバーレイをした後応力除去焼鈍を行うと、HAZ粗粒部に粒界われが発生することがありアンダークラッドクラック（以下UCC）と呼ばれている。UCCの評価試験にはUSNRC（米国原子炉規制局）のRegulatory Guideに定められている方法が権威あるものとして認められているが、これは実溶接部の大型曲げ試験であり冶金要因の定量化には不向きである。そこで著者らは小型で各種要因を定量的に表現できる再現試験法を検討したのでその結果を報告する。

Table 1 供試材の化学成分 (wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	A#	ΔG^{*1}	P_{SR}^{*2}
A	0.22	0.25	1.48	0.005	0.002	0.02	0.60	0.18	0.58	0.005	0.015	0.13	-0.59
B	0.21	0.21	1.43	0.000	0.004	0.04	0.61	0.23	0.52	<0.002	0.018	-0.05	-0.69
C	0.24	0.21	1.41	0.007	0.004	0.06	0.59	0.15	0.57	<0.002	0.028	0.03	-0.65
D	0.22	0.22	1.40	0.006	0.004	0.04	0.63	0.19	0.58	0.005	0.024	0.14	-0.54
E	0.23	0.23	0.56	0.006	0.004	0.09	0.80	0.37	0.66	<0.002	0.031	0.55	-0.22
F	0.21	0.23	0.60	0.005	0.004	0.06	0.80	0.33	0.64	<0.002	0.031	0.44	-0.33

*1 $\Delta G = Cr + 3.3Mo + 8.1V - 2$
*2 $P_{SR} = Cr + Cu + 2Mo + 10V + 7Nb + 5Ti - 2$

2. 実験方法

表1に供試材の化学成分を示す。A～DはA533B鋼で、E、FはA508 cl.2鋼である。供試材は300kg鋼塊を鍛造で50mm厚とし、930℃で焼準した。表中にUCC感受性指数としてよく使用されるSRわれ感受性指数 $\Delta G^{1)}$ 、 $P_{SR}^{2)}$ の値をそれぞれ示す。C、D、E、F鋼はUSNRCによる方法でわれが発生し、A、B鋼はわれが発生しなかったものである。

図1に示す試験片を板厚 $\frac{1}{4}t$ より採取し、拘束溶接熱サイクル再現装置でUCCの発生部に加わる熱・応力サイクルを忠実に再現した（図2）。1stビード、2ndビードに相当する2重熱サイクルを加えた後、PWHT条件を再現するため600℃に加熱した後、変位を拘束し付加する応力（ σ_0 、溶接残留応力に相当）を種々変化させた。各試料は600℃に2時間保持後そのまま破断させた。

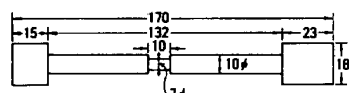


図1 小型試験片形状

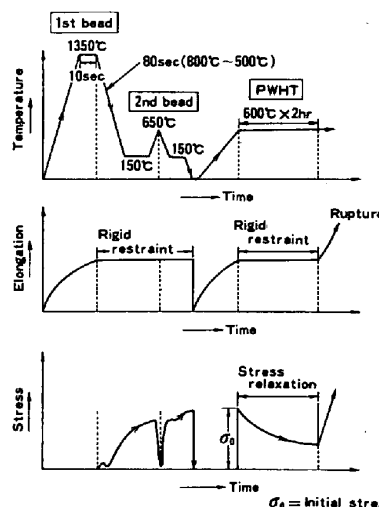


図2 熱・応力サイクルのダイアグラム

3. 実験結果

まず初期付加応力（ σ_0 ）と破断応力（ σ_f ）の関係を求めた。 σ_0 を高くすると σ_f は次第に低下する。強度の異なる鋼種間の感受性を比較するため σ_0 と σ_f を無次元化した。図3にその結果を示す。横軸は600℃のHAZの降伏強度と σ_0 の比（ R_{σ_0} ）、縦軸は $\sigma_0 = 0 \text{ kg/mm}^2$ 時の σ_f と応力付加時の σ_f の比（ R_{σ_f} ）である。図中の R_{σ_c} は $R_{\sigma_f} = 0.9$ の時の R_{σ_0} の値で、この値は図に示すようにUCC発生の有無と非常によい対応があり、 $R_{\sigma_c} \geq 0.95$ であればUCCは発生しないと考えられる。しかしわれの発生限界をより正確に判断するためには更に応力要因（応力緩和特性）も合わせて考える必要がある。

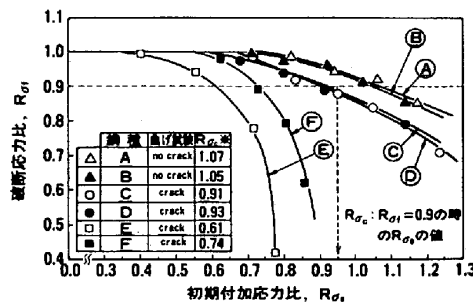


図3 各鋼の小型再現試験結果

4. 結言

UCC感受性の差を明瞭に区別できる小型評価法を考案した。

引用文献 1) 内木ら：溶接学会誌，39(1970)10，P1059 2) 伊藤ら：溶接学会誌，41(1972)1，P59