

単一熱サイクルの熱脆化に関する挙動 2相ステンレス鋼溶接熱影響部の熱脆化に関する研究 (第一報)

(財) 発電設備技術検査協会

○ 糸 亮一

〃

堀井 行彦

横浜国立大学大学院

谷口 智彦

横浜国立大学工学部

三村 宏

Thermal Embrittlement of HAZ of Duplex Stainless Steel Welds

by Ryoichi KUME, Yukihiko HORII, Tomohiko TANIGUCHI, Hiroshi MIMURA

1. 緒言

2相ステンレス鋼は、耐応力腐食割れ特性に優れていることから、原子力発電設備や化学装置など広範囲の構造物に使用されている。本鋼種では、オーステナイト (γ) とフェライト (δ) 量のバランスによって強度、じん性および耐食性などが支配される。溶接熱影響部(HAZ) では、固溶化処理温度以上に加熱されるため、このバランスが崩れやすく、この状態で時効処理を行うと脆化が促進される可能性がある。本研究は、フェライト量の異なった2種類の材料を用いて、HAZ を溶接熱サイクル再現装置により再現させ、673Kの温度で長時間の時効処理を施した後、破壊じん性試験を行い、脆化挙動について検討を行った。その結果について報告する。

2. 試験方法

δ -フェライト量の異なった2種類の2相ステンレス鋼遠心铸造管を使用した。その化学成分を Table 1 に示す。実験は、まず11×11mmサイズに採取した試験片をグリーンブル試験機を用いて、HAZ を再現した。再現条件は最高加熱温度を1573K 一定とし、冷却速度(CR)を10, 20, 30K/s に変化させた。これは20mm板厚の鋼材に対し、TIG溶接で各々溶接入熱4.7, 3.2kJ/mmに相当する。さらに、673K の一定温度で28.8Msの時効処理を加え、組織、硬さ変化を調べると共に、10×10mmサイズの試験片でCTOD試験を実施した。

3. 試験結果

(1) 溶接条件と再現HAZ の δ 量

Fig. 1 に溶接時の冷却速度と再現
溶接学会全国大会講演概要 第57集('95-10)

Table 1 Chemical compositions of duplex stainless cast steels (Mass%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ferrite(%)†
A steel	0.06	0.74	0.75	0.027	0.008	20.0	10.7	2.12	11
B steel	0.05	1.26	0.69	0.016	0.008	20.3	9.1	2.24	26

* Schaeffler's diagram

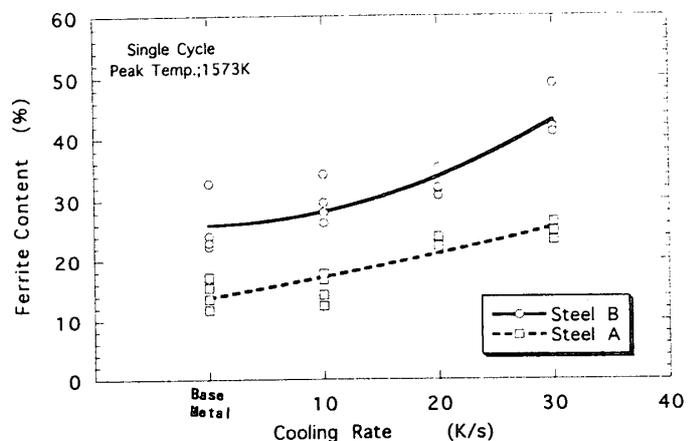


Fig.1 Effect of cooling rate on ferrite content subjected to thermal cycle

HAZの δ 量との関係を示す。冷却速度の大きいほど δ は増加する。これは、冷却速度の大きいほど、 $\delta \rightarrow \gamma$ 変態する時間的余裕が少なく、いわゆる過冷却度が増すためである。したがって、小入熱溶接ほど δ 量が増すことになる。

(2) 再現熱影響部のじん性

Fig. 2は時効処理前後の再現HAZおよび母材のCTOD試験結果の一例を示す。時効処理前の再現HAZのCTOD特性は、冷速=10~30K/sの範囲では母材と大差なく良好である。また、2種の2相鋼間のじん性差も比較的少なく、時効処理前のCTOD特性に及ぼす δ 量の影響は比較的少ないと言える。

673K、28.8Ms(約1年間)の時効処理後は脆化が大きく、特に冷却速度の大きいほど脆化が大きい。母材 δ 量の多いB鋼では、母材でも時効後の脆化が大きい。硬さ測定の結果も合せると、 δ 量の多いほど時効による脆化が大きいと言える。

(3) 硬さ変化

Fig. 3に時効処理前後の再現HAZおよび母材の硬さ測定結果の一例を示す。冷却速度の大きいほど、 δ の硬さは上昇するが、特に時効処理後の上昇が顕著である。一方、オーステナイトの硬さは時効処理の有無に影響を受けない。

(4) ミクロ組織変化

時効処理後の組織をTEM観察した結果、 δ 中には微細な炭化物が増加し、 $\delta - \gamma$ 粒界にはラーベス相と思われる物が認められた。硬さの増加は微細析出物の増加によるものと考えられる。析出物はスピノーダル分解によるもの、G相等が考えられ、今後破壊じん性との関連で解析が必要である。

4. 結論

- (1) 2相ステンレス鋼の再現HAZは冷却速度が大きいほど δ が増加する。
- (2) これを673kで時効すると脆化し、 δ 量が多いほど脆化が大きい。
- (3) δ の硬さは時効に因って著しく硬化し、微細な析出物が増加している。

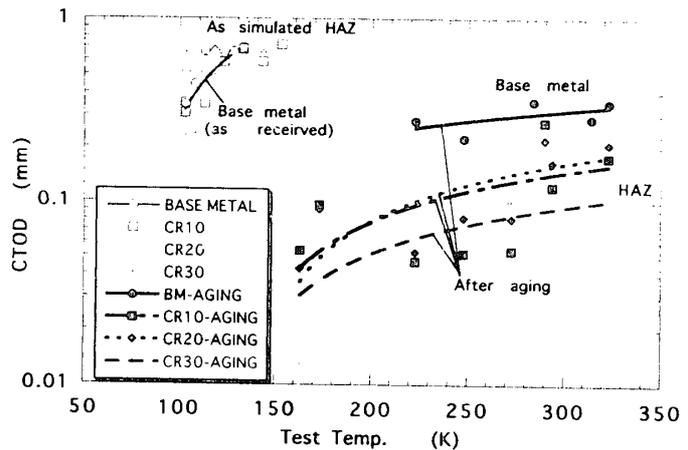


Fig.2 Transition curves of CTOD of base metal and simulated HAZ of steel B

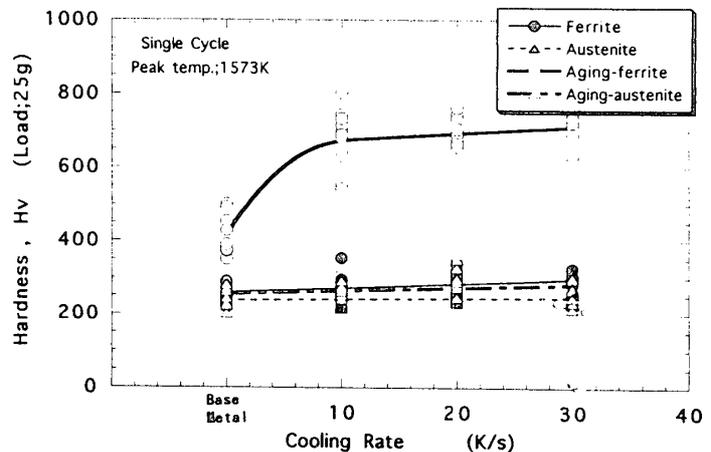


Fig.3 Effect of cooling rate on hardness of steel B subjected to thermal cycle and after aging