

(523) 9Cr-Mo系マルテンサイト/フェライト二相鋼の脆性延性遷移温度

東京大学工学部

○井形直也, 朝倉健太郎, 藤田利夫

1. 緒言

次の核融合炉第一層材料として最も有力と考えられているのは316改良オーステナイトステンレス鋼であるが、この鋼での最も大きな問題は100 MPa以上でスエリングが大きくなることである。これを克服し得る材料は体心立方系特にCr-Mo系マルテンサイト鋼であると考えられ、HT9または改良9Cr-1Mo鋼などが研究されてきている。これらはマルテンサイト単相鋼である。

これに対して、我が国が開発した9Cr-Mo系マルテンサイト/フェライト鋼はマルテンサイト単相鋼において問題点として残る溶接割れの問題が少い点ですぐれた材料であることが示されている。また脆性延性遷移温度(DBTT)は単相鋼および二相鋼共に共通の問題であるが、フェライト相の容積率が少い場合にはDBTTにおいても、すぐれていることが明らかにされた。

2. 現象論

マルテンサイト(M)鋼およびマルテンサイト/フェライト(MF)鋼の組織上の特徴は次の通りである。

- i) M鋼は9Cr-1Mo系であるが、MF鋼では9Cr-2Mo系である。
- ii) M鋼ではC含有量が0.10~0.2 wt%であるが、MF鋼では0.05%程度である。MF鋼中マルテンサイトはフェライトより高いC濃度となる。またMF鋼中のCr+Mo濃度はフェライト中の方がマルテンサイト中より高濃度となる。
- iii) M鋼およびMF鋼のマルテンサイトアラス幅は~1μmであるが、フェライトの粒度は~10μmである。
- iv) 微細析出粒子(C原子を含む)については、M鋼マルテンサイト相では間隔~0.5μmであり、MF鋼のマルテンサイトでは間隔~1μm、フェライト相中では~0.2μmである。

井形・橋口の理論²⁾より次の式が導かれる。

① 粒度効果によるDBTTのシフト, M鋼→MF鋼

$$\Delta T = \frac{k_f - k_y}{\frac{\partial \sigma_y}{\partial T}} \left[d_{M1}^{-\frac{1}{2}} - \left\{ (1 - v_f) d_{M2}^{-\frac{1}{2}} + v_f d_F^{-\frac{1}{2}} \right\} \right]$$

② 析出物析出効果によるDBTTのシフト, M鋼→MF鋼

$$\Delta T = \frac{k_{pf} - k_{py}}{\frac{\partial \sigma_y}{\partial T}} \left[\lambda_{M1}^{-\frac{1}{2}} - \left\{ (1 - v_f) \lambda_{M2}^{-\frac{1}{2}} + v_f \lambda_F^{-\frac{1}{2}} \right\} \right]$$

③ Cr+Moの偏析効果によるDBTTのシフト, M鋼→MF鋼

$$\Delta T = \frac{k_{af} - k_{ay}}{\frac{\partial \sigma_y}{\partial T}} \left[[A]_{M1} - \left\{ (1 - v_f) [A]_{M2} + v_f [A]_F \right\} \right]$$

d: 粒度, k_f: 破壊強度の粒度効果係数, k_y: 降伏強度の粒度効果係数, v_f: フェライト溶積率
 M: マルテンサイト, F: フェライト
 1: 単相鋼, 2: 二相鋼
 λ: 析出物間隔
 k_{pf}: 破壊強度の析出物効果係数, k_{py}: 降伏強度の析出物効果係数
 A: 固溶濃度
 k_{af}: 破壊強度の固溶効果係数, k_{ay}: 降伏強度の固溶効果係数

上記の重畳合せとしてDBTTを評価することが出来る。これらの式はあるフェライト容積率以下の場合は、二相鋼の方が従来の単相鋼よりもDBTTが低く取り得ることを示しているが、このことは実験結果においても証明されている。

1) N.Igata; to be published in Proc. of ICFRM-1, 1985 (J. of Nucl. Mat.)
 2) N.Igata and R.R.Hashiguchi; J. of Nucl. Mat. 30,1-2(1969),234