

(433) 18-8系ステンレス鋼の極低温域における低サイクル疲労挙動

川崎重工業(株) 技術研究所 ○中村 敏則, 村瀬 宏一
松田 昭三

1. まえがき

LNGタンクのメンブレンなどの低温構造用材としてオーステナイト系ステンレス鋼の薄板材が用いられる。これらの材料が極低温ですぐれた強度と靱性を示すのは、その結晶構造が面心立方晶であるため、これが不安定な場合には、常温や低温でくり返しひずみ振幅などが作用すると加工誘起マルテンサイト(α')相に変態したりしてその材料特性が変化する。本報では、18-8系ステンレス鋼を用いて極低温域での平面曲げ試験片による低サイクル疲労挙動(疲労き裂の発生、伝播および疲労寿命など)におよぼす α' 相やひずみ硬化の影響や疲労によって誘発された α' 相の回復挙動について検討した。

2. 供試材および実験方法

実験に用いた材料はSUS 304の冷間圧延材で、板厚は2mmである。結晶粒度はASTM No 7~8である。低サイクル疲労試験はインストロン試験機を用い、ストローク制御による曲げひずみを負荷して行った。試験温度は常温と -196°C の2温度で実施した。試験後の試料について、光学顕微鏡、透過型電子顕微鏡による組織観察や磁気天秤装置による α' 相の定量などを行った。

3. 実験結果

(1) 平面曲げによる低サイクル疲労特性について、常温と -196°C での破断寿命を比較すると、 $\Delta\epsilon_t/2 > 2.5\%$ では、 -196°C での破断寿命が常温でのものより短かく、 $\Delta\epsilon_t/2 < 2.5\%$ ではこの傾向が逆転する。これは疲労くり返し過程で誘発される α' 相によりマトリックスが強化されることとそれに伴う破断延性の低下によるものと考えられる。(図1)

(2) 低サイクル疲労過程における誘発 α' 相量は -196°C では疲労くり返し数の初期から著しく増大するのに対し、常温では疲労き裂の発生しはじめる $N/N_f \approx 20\%$ から形成しはじめるがその量はきわめて小さい。(図2)

(3) 常温での低サイクル疲労き裂は破断寿命(N_f)の約20%から発生しはじめるのに対し、 -196°C では約70%から発生しはじめる。これは、 -196°C ではマトリックスおよびき裂先端で微細組織を形成して、著しく硬化するため、塑性ひずみ量($\Delta\epsilon_p/2$)が軽減されるようになるためと考えられる。(図3)

(4) くり返しひずみによって誘発された α' 相のAs点は約 500°C 、Af点は $650\sim 700^{\circ}\text{C}$ である。しかし、このような熱処理を行うと、粒内にカーバイドが多量に析出するようになる。

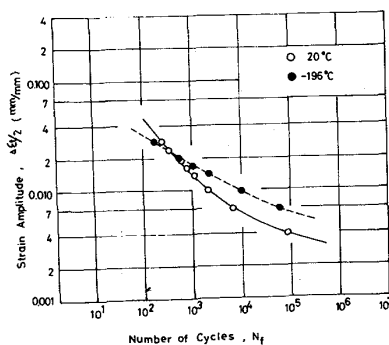


図1. 平面曲げ疲労試験結果

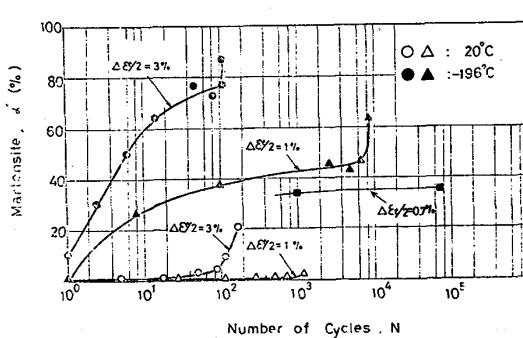
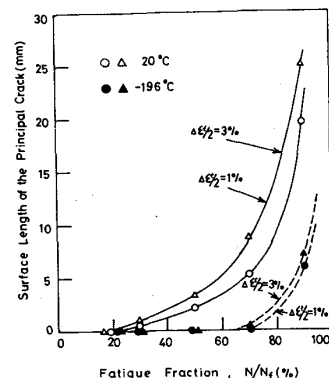
図2. 低サイクル疲労過程での α' 相量の変化

図3. 低サイクル疲労過程でのき裂長さの変化