

(391) オーステナイト系ステンレス鋼の高温低サイクル疲労における
き裂伝ば速度と疲労寿命の関係

金属材料技術研究所

山口弘二、金澤健二

1. 緒言 圧力容器などの高温機器の強度設計や保守に對し、材料の高温低サイクル疲労寿命ばかりでなく、機器の部材に発生する微小き裂を評価するために、疲労き裂の伝ば速度のデータも重要である。この報告は316, 321ステンレス鋼のき裂伝ば速度を求め、疲労寿命との関係について調べたものである。

2. 方法 供試材はSUS 316, SUS 321鋼である。試験片は直径6mmの平滑丸棒である。疲労試験は、全ひずみ幅制御、完全面振りの三角波で行った。ひずみ速度は40%/minと0.4%/min、試験温度は室温、450°C、600°Cである。き裂の伝ば速度は、破面が粒内型破壊のとき条こん(ストライエーション)間隔から求めた。600°C以上で低ひずみ速度試験では、破面が粒界型破壊となり条こんが見られず、この場合はひずみ速度を途中で変化した試験の破面から、粒界き裂の伝ば速度を求めた。

3. 結果 き裂の伝ば速度 dl/dN とき裂長さ l の関係は、図1の例のように対数グラフ上でよい直線関係がある。き裂伝ば速度は、き裂が粒内型、粒界型を問わず

$$dl/dN = A l^{\alpha} \quad \dots\dots ①$$

で表わされ、 α は試験条件によって0.9から1.5の間にばらつくが、大体1.3前後が多い。Aは定数で $l=1\text{mm}$ のときの dl/dN の値である。

次に、き裂伝ば速度と実際の疲労寿命 N_f との関係を調べよう。き裂伝ば速度はAの値すなわち $(dl/dN)_{l=1\text{mm}}$ の値を用いる。その結果が図2である。 N_f と $(dl/dN)_{l=1\text{mm}}$ の間には、逆比例の関係があり、

$$N_f \cdot (dl/dN)_{l=1\text{mm}} = 6.5 \quad \dots\dots ②$$

の関係がある。②式に①式を代入してみると

$$dN/N_f = 0.154 \cdot l^{-\alpha} dl \quad \dots\dots ③$$

となり、 α を1.3と考えると、③式の両辺を N_0 から N_f まで、および l_0 から l_f までそれぞれ積分すると

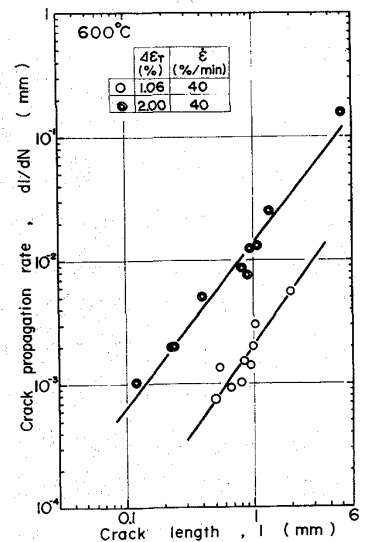
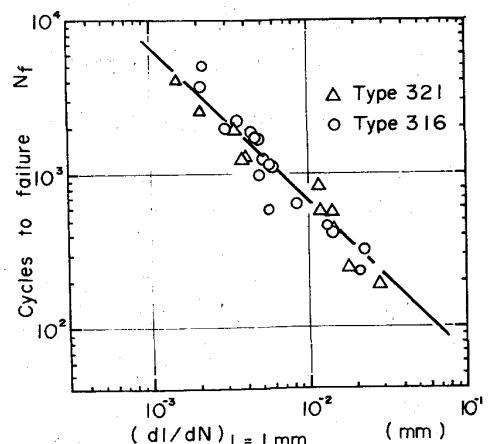
$$(N_f - N_0)/N_f = 0.512 (l_0^{-0.3} - l_f^{-0.3}) \quad \dots\dots ④$$

となる。ここで l_0 は初期き裂長さ、 l_f は最終き裂長さ、 N_0 はき裂が l_0 の長さになるまでに要する繰返し数で、stage I に対応している。 l_f は試験片直径の6mmとし、 l_0 は結晶粒サイズのオーダーの0.1mmとすれば④式は

$$(N_f - N_0)/N_f = 0.72 \quad \dots\dots ⑤$$

となる。このことは、疲労寿命がstage I (き裂の発生) と stage II (き裂の伝ば) よりなるうち、stage II の占める割合が72%で、stage I の占める割合が28%であることを示している。

この結果は、破面上の全ストライエーションの数と疲労寿命との比とよく一致していた。すなわち450°Cの試験で N_f が579のとき、その破面上には約450個の条こんがあった。

図1. dl/dN と l の関係図2. N_f と $(dl/dN)_{l=1\text{mm}}$ の関係