

S₂O₃²⁻を含むCl⁻水溶液中における ステンレス鋼の応力腐食割れ挙動*

春名 匠 (大阪大学工学部)

低ひずみ速度試験法 (SSRT) は、応力腐食割れ (SCC) に重要な動的ひずみを与えることができ、またその他の SCC 試験法に比べて試験結果が有限時間内で得られる利点から、最近使用頻度が急増している。この試験法では、一般的に最大応力などの破断後に得られる因子によって単純に SCC 感受性を評価している。しかしながら、SCC 現象を詳細に検討するには、き裂自身の挙動 (例えばき裂数、SCC 発生の下限界応力拡大係数 (K_{Isc}), き裂進展速度などを個別に評価することが必要となる。

そこで本研究では、チオ硫酸イオン (S₂O₃²⁻) を含む塩化物 (Cl⁻) 水溶液中における Type304 L 鋼および 316 L 鋼の SCC を SSRT を用いて調査し、平滑試験片に多数個発生するき裂の発生・進展過程を連続的に観察し、上述のき裂自身の挙動を個別に統計的に評価することを試みた。

実験方法

供試材である Type304 L 鋼および 316 L 鋼を平板型引張試験片 (ゲージ部: 12mm^w × 20mm^l × 2 mm^t) に加工し、1323K × 3.6ks 溶体化処理を行った。この試験片をエメリー紙 (~ #6/0) で研磨した後に SSRT に供した。溶液には、高 SCC 感受性を示す 20mass % NaCl + 10⁻² kmol · m⁻³ Na₂S₂O₃ 水溶液 (pH 4, 353K) を用いた¹⁾。SSRT は、8.3 × 10⁻⁷, 3.3 × 10⁻⁶ および 1.7 × 10⁻⁵ s⁻¹ のひずみ速度で行い、試験中に CCD カメラおよび VTR を用いて試料ゲージ部表面の多数個のき裂の発生・進展挙動を 1 ~ 2 時間ごとに観察・記録した。SCC 感受性を評価する因子として、き裂の起点である孔食の数、 K_{Isc} 、き裂進展速度に注目した。平板型試験片上に発生する表面き裂に対する応力拡大係数は、NEWMAN-RAJU の提案した計算法に基づいて算出した²⁾。ただし、本研究では表面き裂の形状を半円形と仮定した。

実験結果および考察

応力-ひずみ曲線

ひずみ速度を 1.7 × 10⁻⁵ s⁻¹ にした場合、試料は 63% 以上変形した。そこで、このひずみ量において SSRT を停止させ、引き続き、定ひずみ試験を行い、その間のき裂の挙動

も観察した。ひずみ速度を 3.3 × 10⁻⁶ および 8.3 × 10⁻⁷ s⁻¹ にした場合、いずれの試料も、30 ~ 40% のひずみ量において最大応力を示した。したがって、最大応力など、従来の SSRT で用いる因子で SCC 感受性を評価すると、低ひずみ速度ほど SCC 感受性が上昇することになる。

SSRT 中に発生した個々のき裂の挙動

SSRT 中の試料の表面観察の結果、いずれのひずみ速度の場合でも、孔食を起点にき裂が発生することが観測された。8.3 × 10⁻⁷ s⁻¹ の場合の孔食数は、同じ変形量における他のひずみ速度の場合の孔食数に比べて、非常に減少した。すなわち、孔食数で評価される SCC 感受性は低ひずみ速度ほど低下する。

各ひずみ速度における、最大孔食径から算出される応力拡大係数 (K_{Ipit}) およびはじめてき裂が観察されたときのき裂長さから算出される応力拡大係数 (K_{Isc}) のヒストグラムを Fig. 1 に示した。いずれのひずみ速度の場合にも K_{Ipit} 、 K_{Isc} ともにほぼ同じ最頻値・分布形状を示した。このこと

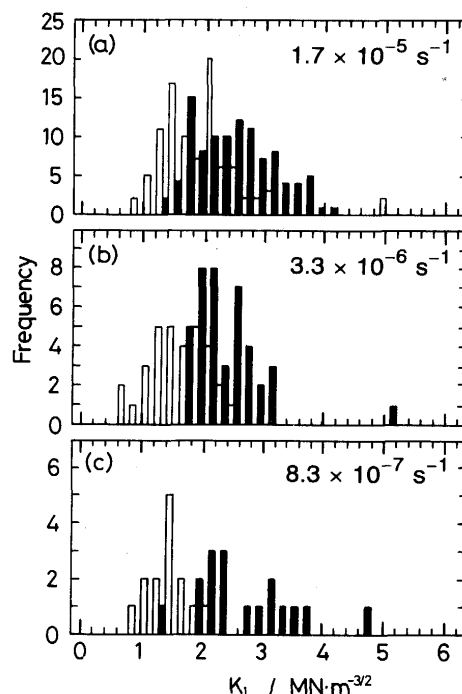


Fig.1. Histograms of K_{Ipit} (: open), which is the K_I calculated from the maximum pit width observed, and K_{Isc} (: closed) at various strain rates.

*平成3年度石原・浅田研究助成金交付に対する報告書

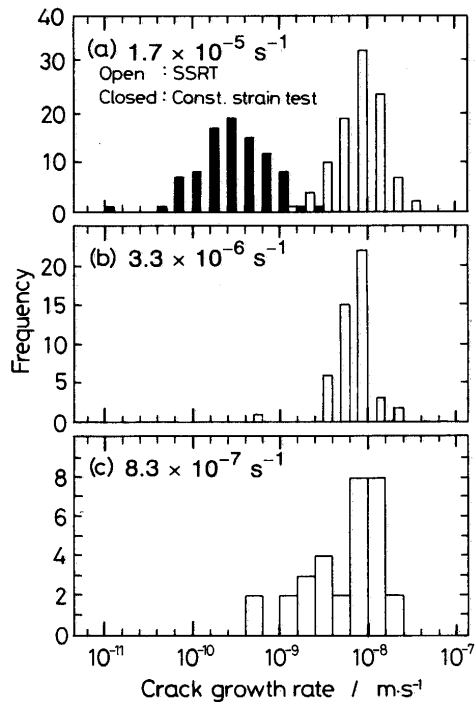


Fig.2. Histograms of the crack growth rate at various strain rates.

から、真の K_{Isc} の値は、 K_{Ipit} と K_{Isc} との間の値、すなわち約 $2 \text{ MN} \cdot \text{m}^{-3/2}$ であると思われ、 K_{Isc} で評価されるSCC感受性は本ひずみ速度域ではひずみ速度に影響されない。

各ひずみ速度におけるき裂進展速度のヒストグラムをFig. 2に示した。ただし、横軸は対数で示した。白で示されたSSRT中のき裂初期の進展速度は、いずれのひずみ速度の場合にも、 $7.9 \times 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ を中心にした対数正規分布に近い分布を示した。一方、黒で示された定ひずみ試験でのき裂進展速度の最頻値は、大きな応力が試料に付加されているにも拘らず $3.2 \times 10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ に減少した。このことは、この系のSCCには高応力よりも連続したひずみの付加が重要であることを示唆する。以上の結果より少なくとも進展初期におけるき裂進展速度で評価されるSCC感受性は、本ひずみ速度域ではひずみ速度に影響されない。

以上のように、孔食数、 K_{Isc} およびき裂進展速度などのき裂自身の挙動で評価されるSCC感受性のひずみ速度依存性は、最大応力などで従来評価されるSCC感受性のひず

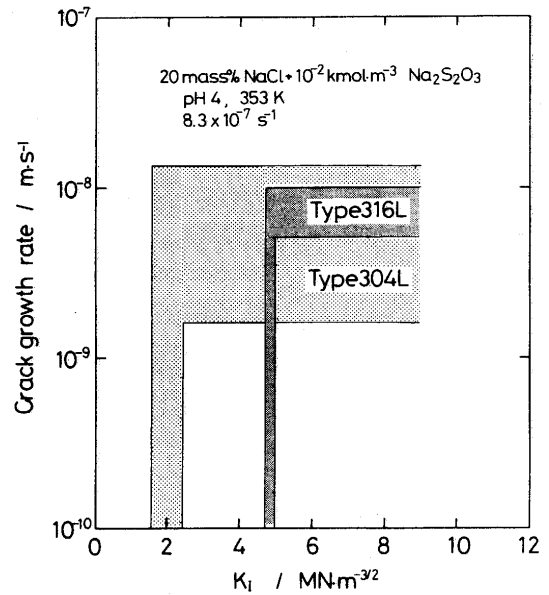


Fig.3. Relationship between crack growth rate and K_I for Type304L and 316L stainless steels.

み速度依存性とは異なった傾向を示した。したがって、SSRTを用いる場合には、本研究で行われたように、き裂の発生・進展を連続的に観察し、孔食数、 K_{Isc} 、き裂進展速度などをSCC評価因子とすることがSCC機構の詳しい考察に対して重要であると思われる。

最後に、ひずみ速度が $8.3 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$ の場合の K_{Isc} とき裂進展速度の関係をFig. 3に示した。この図には同測定条件における316L鋼の結果も示した。この図より、き裂進展速度は両鋼種ともほぼ同値を示すが、 K_{Isc} は316L鋼での4~5 $\text{MN} \cdot \text{m}^{-3/2}$ に対して304L鋼では約2 $\text{MN} \cdot \text{m}^{-3/2}$ と減少した。き裂数も304L鋼の方が多いため、き裂の発生の点で、304L鋼の方がより高SCC感受性を示すことが明らかになった。

文 献

- 1) 柴田俊夫, 春名 匠, 藤本慎司, 中根慎介: 鉄と鋼, 77(1991), p. 1511
- 2) J. C. Newman, Jr and I. S. Raju: Eng. Fract. Mech., 15(1981), p. 185

(平成6年6月30日受付)