

SCC現象の解明と健全性評価

背景・目的

応力腐食割れ（SCC）は軽水炉で多用されるステンレス鋼などで発生する重要な事象の一つである。SCCへの対応策としては、応力緩和、冷却水環境改善、材料変更等の技術的改善の他、日本機械学会維持規格に基づいてSCCの割れの進展を管理する方法がある。維持規格では、検査で見つかったSCCの進展を予測して機器の健全性を評価することにより、継続使用あるいは補修・取替の判定を行う。規格をより良いものとするために、最新の研究成果を規格に反映していくことが重要である。

本課題では、維持規格の高度化やSCC対策技術の開発に反映することを目的として、ステンレス鋼およびその溶接部、ニッケル基合金や低合金鋼のSCCき裂進展特性やSCC発生特性の解明を行う。

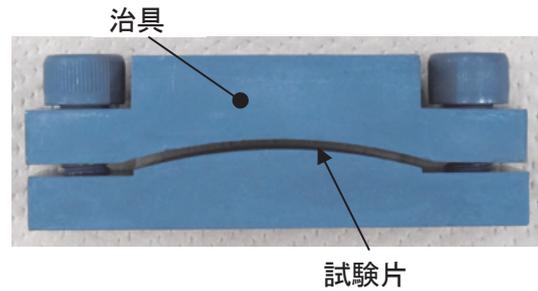
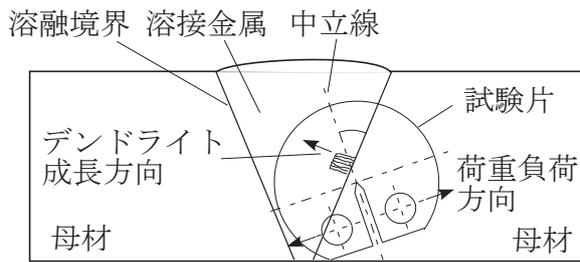
主な成果

1. 低炭素ステンレス鋼溶接継手の溶融境界におけるSCC進展挙動

低炭素ステンレス鋼溶接部では、母材で発生したSCCが溶接部にどのように進展するか把握しておく必要がある。このため、母材に切り欠きを入れ、実機運転温度と同じ高温純水中におけるSCC進展挙動を調べた（図1(a)）。試験片の断面観察の結果、SCCが溶融境界から溶接金属内へ50 μm 以上進展した観察例は全体の20%以下であった。SCCが50 μm 以上進展した観察例は、SCCが進展する母材のオーステナイト粒界と溶接金属のデンドライト（溶接の凝固時に成長する金属組織）粒界が溶融境界で直線的につながった部位のみで認められた（図2(a)）。一方、進展量が50 μm 未満の観察例では、上記部位に加え、両者が大きく屈曲してつながった部位（図2(b)）やデンドライト粒が小さくランダムな方向に成長した部位（図2(c)）で認められた。観察例に占めるこれら部位の割合は、溶接継ぎ手の種類によって多少異なるが、それぞれ20%、70%、10%程度であった。これらの結果から、溶融境界部のデンドライトの成長形態がSCCの進展に大きな影響を与え、溶融境界がSCCの進展の障害として作用する可能性があることが分かった [Q10001]。

2. 低炭素ステンレス鋼のSCC発生挙動の詳細評価

鋭敏化ステンレス鋼では、SCC深さ50 μm を境にして、微小き裂の発生過程から巨視的なき裂の進展過程へ変化するという報告例があるが、SCCに強い低炭素ステンレス鋼については知見が少ない。そこで、表面硬化層を付与してSCC感受性を高めた低炭素ステンレス鋼に対するすきま付き曲げ試験を高温純水中で実施した（図1(b)）。試験開始後500時間までは、深さ50 μm 未満の微小なSCCの数が単調増加するが、それ以後、微小なSCCの新たな発生頻度が下がるとともに深さ50 μm 以上のSCCが出現し、その深さは時間とともに増加した（図3、図4）。本結果から低炭素ステンレス鋼においてもSCC初期段階においては、鋭敏化ステンレス鋼と同様の過程でSCCが発生し、進展する可能性があることが明らかとなった [Q10024]。



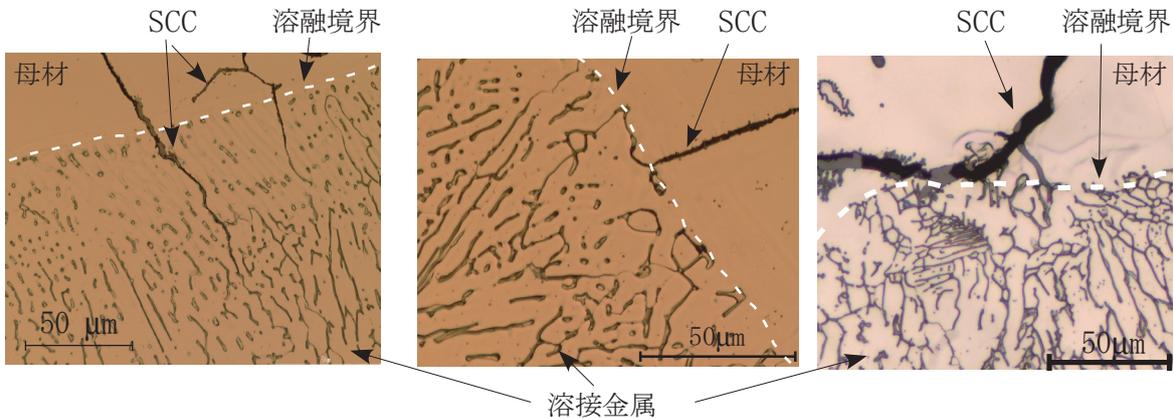
(a) 溶接継ぎ手と試験片形状

配管を模擬した溶接試験体から試験片を切り出し、試験に供した。

(b) すきま付き曲げ試験の試験片と治具

曲げ変形によりひずみを付与し、すきま形成により腐食を促す試験を行う。

図1 試験片と治具



(a) SCCとデンドライトの粒界の向きが整合した例

(b) SCCとデンドライトの粒界の向きが整合しない例

(c) デンドライトが小さく、ランダムに成長した例

図2 溶融境界部の SCC 進展形態の例

試験片断面で SCC の先端を光学顕微鏡により観察した。

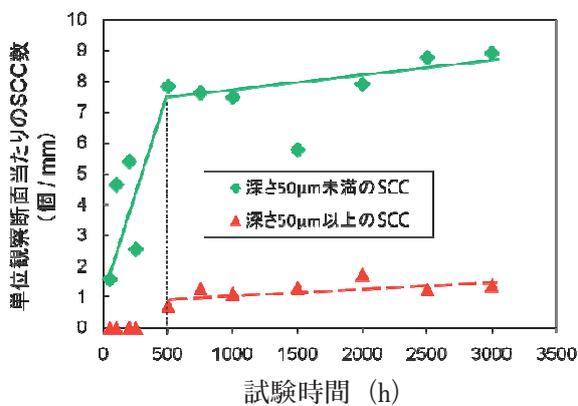


図3 試験時間と SCC 発生数の関係

試験時間毎に異なる試験片を用い、その1断面を観察し、SCC の発生数を調べた。

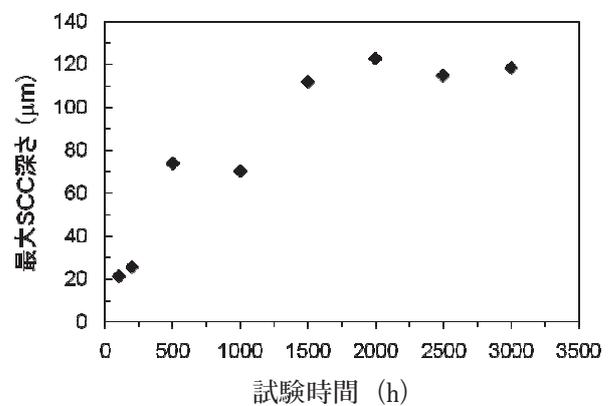


図4 最大 SCC 深さの時間変化

試験時間毎に異なる試験片を用い、その1断面を観察し、表面からの SCC 深さを調べた。