

低炭素ステンレス鋼の溶接熱影響部における硬度因子の検討 — 応力腐食割れ評価技術の高度化に向けた硬度と組織の制御 —

背 景

沸騰水型軽水炉の原子炉再循環系配管やシュラウドに使用されている低炭素ステンレス鋼において確認された応力腐食割れ(SCC)の多くは、溶接部近傍で発生・進展している。SCC の進展経路にあたる溶接熱影響部は、母材よりも硬度が高く、進展経路内で硬度が変化している。SCC 進展試験は、実機溶接部を模擬した試験片や冷間加工材を用いて行われている。その結果、硬度の増加とともに SCC 進展速度が速くなることが報告されている。同一硬度の溶接部と冷間加工材では組織が異なっており、SCC 進展速度の評価を高度化し、その進展機構を解明するには、溶接熱影響部の硬度と組織の両方を反映した均一試験片による SCC 進展試験が望まれる。

目 的

低炭素ステンレス鋼の溶接熱影響部における加工硬化と動的ひずみ時効による硬化の割合を定量的に評価するとともに、動的ひずみ時効が発現する条件を明らかにすることにより、溶接熱影響部の硬度と組織を反映した試験材の作製条件を把握する。

主な成果

1. 溶接熱影響部における硬化因子の定量化

方位像顕微鏡を用いて微小領域の加工硬化による硬度の増加量を定量化する方法を確立し、硬さの異なる溶接金属 YUS170(約 250Hv)と Fe-18Cr-16Ni-2Mo(約 120 Hv)による隅肉溶接材の評価を行い、以下の結果を得た。

- (1) 動的ひずみ時効による硬度の増加量は、溶接境界から 2 mm 位置で最大となり、約 50 Hv となる。また、動的ひずみ時効による硬化は、溶接金属の硬度に依存しない。(図 1)。
- (2) 加工硬化による硬度の増加量は、溶接境界で最大となり、約 50~70 Hv である。また、加工硬化は溶接金属の硬度が高いほど大きくなることが明らかとなった(図 1)。

2. 動的ひずみ時効の発現条件

- (1) 動的ひずみ時効が発現する温度およびひずみ速度領域では、応力ひずみ曲線において鋸刃形状(セレーション)が認められる(図 2)。
- (2) セレーションは振動数の大小によって2種類に分類可能であり、動的ひずみ時効による最高硬さが得られる条件は、2種類のセレーション領域を分離する境界領域に存在することが明らかとなった(図 2)。

今後の展開

溶接熱影響部の硬度と組織を反映した試験材を作製し、SCC 進展試験を行うことで、き裂進展速度に及ぼす硬化因子の影響を明らかにする。

主 担 当 者 材料科学研究所 機能・機構発現領域 特別契約研究員 宮原 勇一
材料科学研究所 機能・機構発現領域 主任研究員 加古 謙司

関連報告書 「高純度 Fe-18mass%Cr-16mass%Ni 合金の高温引張特性と溶接部近傍の硬さ分布に及ぼす添加元素の影響」日本金属学会誌 第 70 巻 第 8 号(2006)694-699
「EBSP による塑性ひずみおよび加工硬化量の簡易定量評価手法の確立 — SUS316L 溶接熱影響部の硬化因子定量化への適用 —」電力中央研究書報告:(2007 年 3 月)
「SUS316L ステンレス鋼の溶接熱影響部における硬化現象と引張特性の関係 — 動的ひずみ時効の発現に及ぼす温度とひずみ速度の影響 —」電力中央研究書報告:(2007 年 3 月)

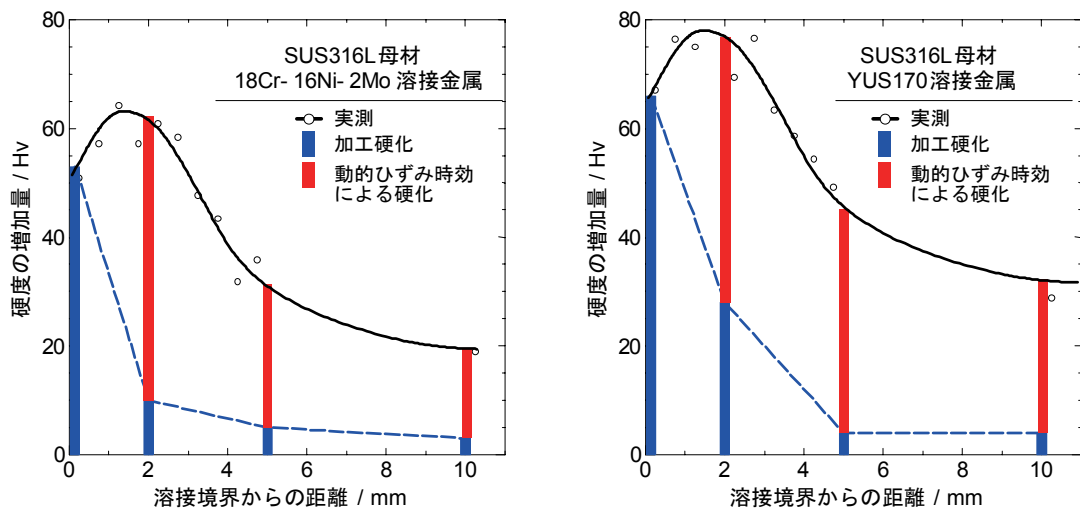


図1 溶接熱影響部における動的ひずみ時効と加工硬化の割合

加工硬化(青色のバー)は、溶接境界で最大となる。
 動的ひずみ時効による硬化(赤色のバー)は、溶接境界から2mm位置で最大となる。

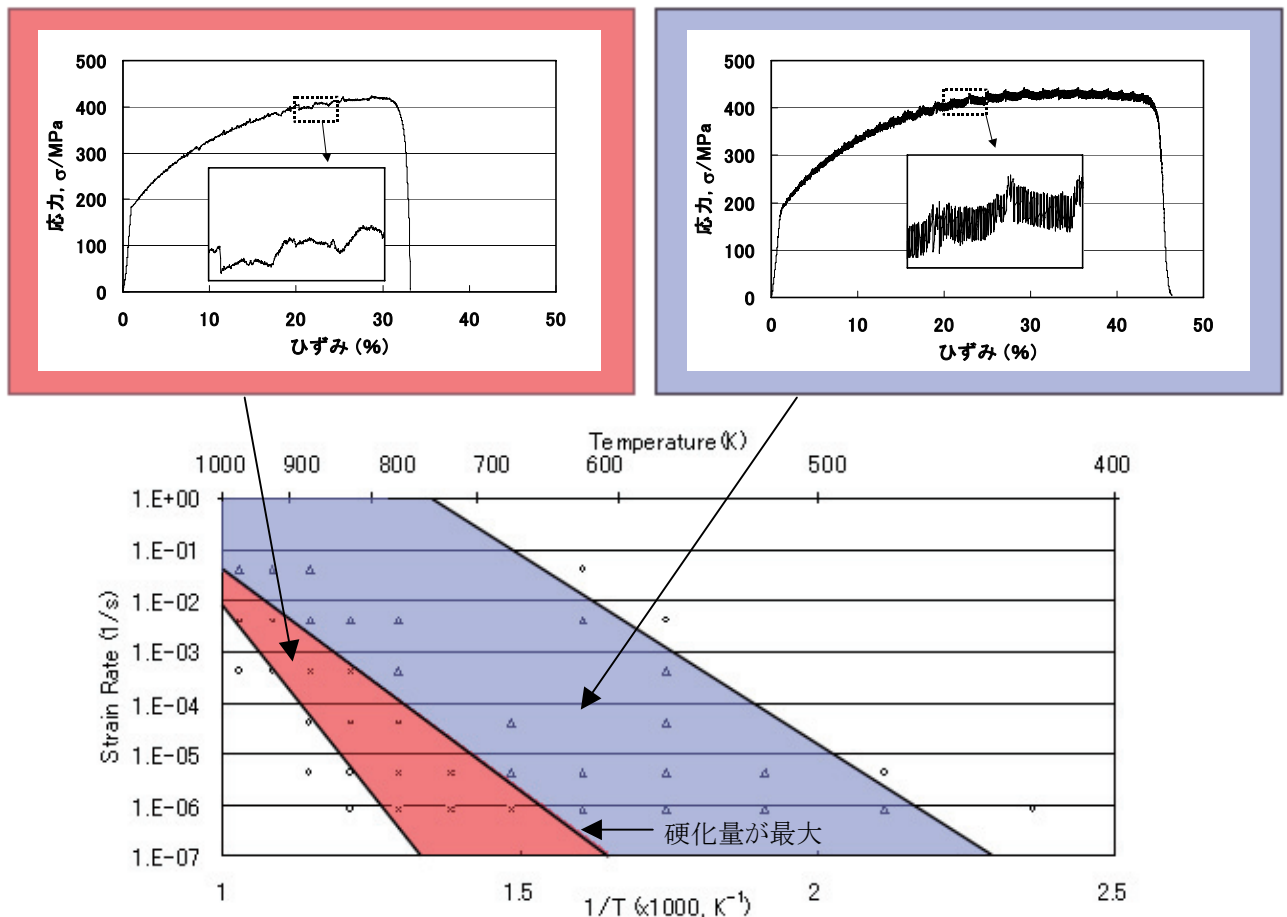


図2 SUS316L 材における動的ひずみ時効の発現条件

動的ひずみ時効は、赤色と青色で囲まれた領域内で発現する。赤色の領域と青色の領域では応力ひずみ曲線上のセレーションの振動数が異なる。動的ひずみ時効による硬化量は、赤色と青色の境界領域で最大となる。