

高温純水中におけるオーステナイト系ステンレス鋼のSCC感受性に及ぼす結晶粒径の影響

背景

低炭素ステンレス鋼は、沸騰水型軽水炉の再循環系配管や炉心シュラウドなどに用いられている。しかし、2002年に国内プラントで316系低炭素ステンレス鋼の溶接部近傍に応力腐食割れ(SCC)が認められた。これを契機にSCCの対策や機構解明を目指した研究が行われ、その一環として、低炭素ステンレス鋼のSCCに及ぼす硬さ等の材料因子の影響に関する研究も行われてきた。ステンレス鋼の結晶粒径は硬さとも関連し、且つ、配管径や製造工程の違いによって数 $10\mu\text{m}$ ～数 $100\mu\text{m}$ の幅で異なることが知られている。そこで、当所では、結晶粒径の異なる供試材について、SCC感受性に及ぼす結晶粒径の影響を検討し、結晶粒径とSCC感受性の相関を示唆する結果を得た。しかし、SCC感受性に影響を及ぼすことが知られている硬さの標準偏差などの条件が揃っていないため、結晶粒径の影響を分離して評価することができなかった。

目的

低炭素ステンレス鋼のSCC感受性に及ぼす結晶粒径の影響およびひずみ分布との関係を明らかにする。

主な成果

低炭素316ステンレス鋼に対して、4段階の加工・熱処理を行った後、同一の最終熱処理を施すことにより、硬さの標準偏差がほぼ等しく結晶粒径が異なる供試材を作製した(表1)。これらの供試材について、温度 288°C 、溶存酸素濃度 8ppm の高温純水中にてSCC発生(CBB)試験を実施するとともに、電子線後方散乱回折パターンから塑性ひずみ分布を解析し、結晶粒径と塑性ひずみ分布の関係を調べた。

1. SCC感受性に及ぼす結晶粒径の影響

結晶粒径が小さい場合、試験片表面におけるき裂数密度(図1)および最大き裂長さがともに小さくなる傾向を示した。このことから、化学組成や硬さの標準偏差が同じ場合、結晶粒径が小さいとSCC感受性が低下することが明らかになった。

2. 結晶粒径と塑性ひずみ分布の関係

冷間加工により結晶粒内に蓄積された塑性ひずみ分布を評価した結果、ひずみの集中する結晶粒が存在し、その数は結晶粒径の小さい供試材で多かった。一方、結晶粒界近傍のひずみ分布を調べた結果、蓄積されたひずみ量が大きく、且つ、結晶粒径が大きい供試材ほど、結晶粒界へのひずみ集中が大きかった(図2)。このことから、結晶粒径の違いによる粒界近傍のひずみ分布の違いがSCC感受性に作用する可能性が示唆された。

今後の展開

塑性ひずみ分布とSCC発生箇所の関連を調査し、さらに、溶接熱影響部のSCC特性に及ぼす結晶粒径の影響を検討する。

表 1 供試材の結晶粒径と硬さ分布

結晶粒径 μm	硬さ	
	平均 Hv	標準偏差 Hv
90	170	7
	235	14
	293	18
160	171	4
	244	13
	285	18
270	167	6
	233	12
	288	22

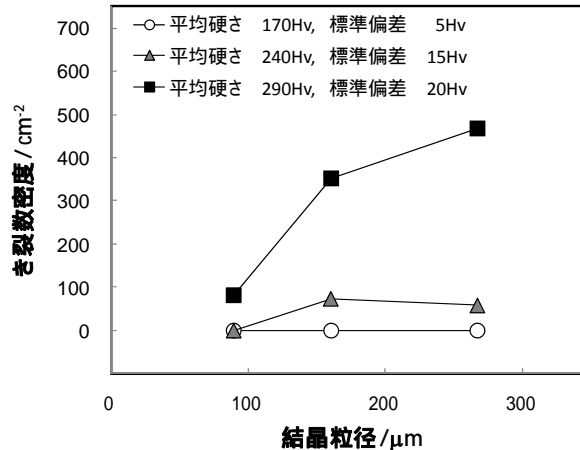
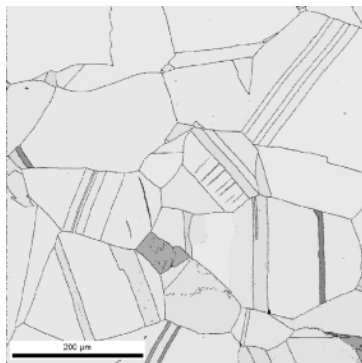
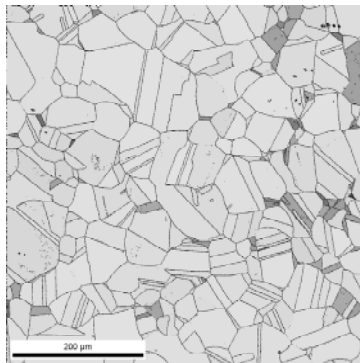


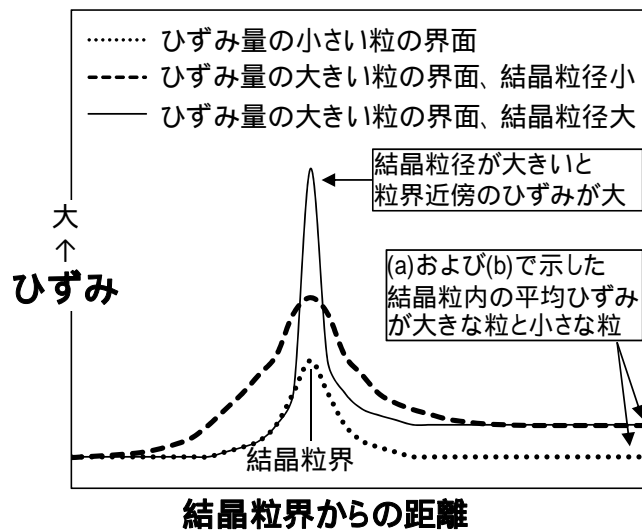
図 1 結晶粒径とき裂数密度の関係



(a) 結晶粒径 270μm



(b) 結晶粒径 90μm



(c) 粒界近傍の塑性ひずみ分布を示す模式図

結晶内の平均ひずみ量
小 大

ひずみ量の大きい結晶粒の
粒界に高いひずみ集中

図 2 10%冷間圧延材の塑性ひずみ分布

研究報告 Q08022	キーワード：沸騰水型原子炉，低炭素ステンレス鋼，応力腐食割れ，結晶粒径，塑性ひずみ
関連研究報告書	電中研研究報告Q07020（平成20年7月）、電中研研究報告Q07015（平成20年6月）
担当者	加古 謙司（材料科学研究所 原子力材料領域）
連絡先	（財）電力中央研究所 材料科学研究所 Tel. 046-856-2121(代) E-mail : msrl-rr-ml@criepi.denken.or.jp