

圧力容器鋼模擬材の中性子照射特性に及ぼす合金元素の影響

Effects of alloying elements on neutron irradiation properties of RPV model steels

*小林 知裕¹, 西田 憲二¹, 野本 明義¹, 土肥 謙次¹, 相澤 大器², 西本 健太²

¹電力中央研究所, ²(株)日本製鋼所

ニッケル, マンガンおよびシリコン量を変化させた圧力容器鋼模擬材に対して中性子照射を行い, 照射後試験としてビッカース硬さおよびアトムプローブトモグラフィを実施し, 硬さおよびマイクロ組織変化に及ぼす合金元素の影響について明らかにした.

キーワード: 中性子照射, 照射脆化, アトムプローブトモグラフィ, ビッカース硬さ

1. 緒言

圧力容器鋼の照射脆化を高精度に予測するためには, 溶質原子クラスターの形成および機械的特性の変化に及ぼす化学組成の影響を明らかにする必要がある. 本研究では, ニッケル, マンガンおよびシリコン量を変化させた原子炉圧力容器鋼模擬材に対して中性子照射を行い, 硬さおよびマイクロ組織変化に及ぼす合金元素の影響について調べた.

2. 実験方法

基準の化学組成が銅 0.20 wt%, ニッケル 0.91 wt%, マンガン 1.47 wt%, シリコン 0.23 wt% の鋼材および基準組成に対してニッケル, マンガンおよびシリコン量をそれぞれ 0.03, 0.02, 0.05 wt% まで低下させた鋼材を, UJV Rez (チェコ共和国) に設置された LVR-15 研究炉で中性子照射した (6×10^{18} n/cm², E>1 MeV). 照射材を電解研磨により研磨し, ビッカース硬さ試験を行った. また, 電解研磨によりアトムプローブ用試料を作製し, アトムプローブの測定を行った. 得られたデータに対して, データ解析専用ソフトを用いて, 元素種の決定, 3次元原子分布像の構築後, 鋼材中に形成した溶質原子クラスターの抽出を行った.

3. 実験結果

未照射材の硬さを初期硬さとし, 照射材のビッカース硬さから硬化量を評価した. 基準組成材では, 硬化量は 24HV であった. 基準組成に対し, シリコン量を減少させると硬化量が増大し, マンガンおよびニッケル量を減少させると, 硬化量が小さくなった. アトムプローブトモグラフィにより得られたマイクロ組織においては, 溶質原子クラスターの形成が確認された. 基準組成材のクラスター数密度は約 5×10^{23} m⁻³, クラスター平均直径は約 2.6 nm であった. 基準組成材と比べ, シリコン, マンガンまたはニッケル量を減少させると数密度が低下した. 平均直径は, シリコン量の減少に伴い大きくなり, マンガン量の減少に伴い小さくなった. また, 硬化量はクラスター体積率の増加に伴い増加し, クラスター体積率の平方根と硬さ上昇量に正の相関が認められた.

表 鋼材の化学組成および初期硬さ

鋼材	化学組成 (wt%)				初期硬さ
	Cu	Ni	Mn	Si	
基準組成材	0.20	0.91	1.47	0.23	218
低 Ni 材	0.20	0.03	1.47	0.23	214
低 Mn 材	0.20	0.89	0.02	0.22	203
低 Si 材	0.20	0.91	1.48	0.05	210

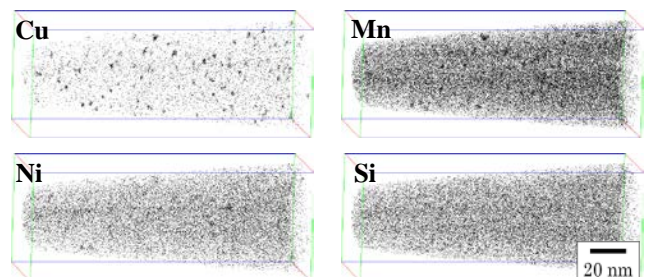


図 基準組成材の銅, ニッケル, マンガンおよびシリコンの3次元原子分布像.

*Tomohiro Kobayashi¹, Kenji Nishida¹, Akiyoshi Nomoto¹, Kenji Dohi¹, Taiki Aizawa² and Kenta Nishimoto²

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²Japan Steel Works