

課題名	粒界制御法適用による高信頼性原子炉材料の開発			
参画機関	北海道大学、東北大学、熊本大学、日本原子力研究開発機構、新日鐵住金株式会社			
事業規模	期間	平成23～25年度	総額	83百万円
<p>【研究代表者】 坂口 紀史 北海道大学 准教授 (大学院工学研究院材料科学専攻)</p> 				
<p>【研究概要】 本研究申請では「粒界制御法」と呼ばれる手法に着目し、元素添加など組成を変えることは一切行わず、加工・熱処理という冶金学の基本処理のみで材料組織を制御する材料開発方法により、画期的な高信頼性原子炉材開発手法の確立を目指しました。粒界制御法を用いて多結晶材料中の対応粒界頻度を高めることにより、粒界破壊や粒界腐食のような界面劣化現象に対して優れた耐性を発現させた材料を開発しました。本研究で開発した粒界制御ニッケル基合金は、中性子照射環境下で問題となる種々の粒界劣化現象に対して優れた耐性を有することを期待できる材料です。また、本研究では対応粒界率が70%を超える粒界制御フェライト鋼の作製に世界で初めて成功し、いくつかの腐食環境下では通常鋼と比較して優れた耐食性を有することを実証しました。さらに、粒界制御後の焼戻し条件の最適化により高温強度や耐クリープ特性も改善されることが示され、本研究で提示した粒界制御手法はフェライト鋼の特性を著しく改善する可能性を秘めていることが明示されました。以上より、粒界制御法による高信頼性原子炉材開発への基礎的知見を得ることができました。</p>				
<p>【その後の取り組み】 本研究で開発した粒界制御ニッケル基合金は、中性子照射環境下で問題となる種々の粒界劣化現象に対して優れた耐性を有することが期待できることから、今後さらに材料試験炉を用いるなど材料内に均一な照射損傷組織を導入することで、中性子照射下における各種特性を評価することが重要となります。また、粒界制御フェライト鋼については、粒界制御処理が有用となる環境とその特性に関する検討を続けるとともに、照射環境下における材料特性についても評価していくことが重要です。現在、新しい取り組みに向けた研究計画を進めつつあり、本手法の技術的有用性を実証する研究を推進していく予定です。</p>				



500μm

図1 粒界制御したニッケル合金の粒界ネットワーク

ニッケル合金中のランダム粒界を黒線、対応粒界を灰線で表しています。対応粒界によりランダム粒界が効果的に分断されている様子が観察できます。

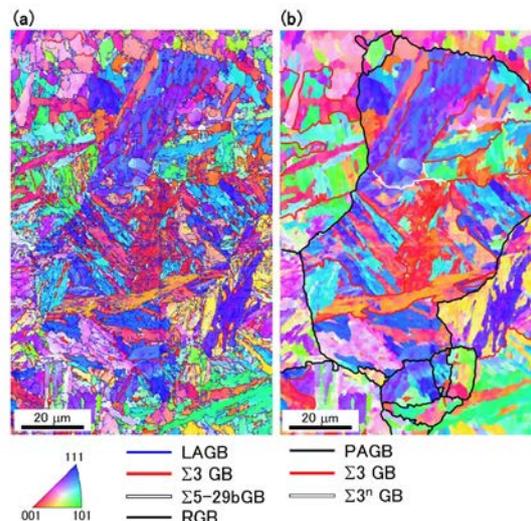


図2 粒界制御フェライト鋼の解析

粒界制御フェライト鋼の逆極点図(a)より旧オーステナイト粒界と対応粒界を同定しました(b)。高温相であるオーステナイト相を粒界制御することで、対応粒界率が70%を超えるフェライト鋼の試作に成功しました。

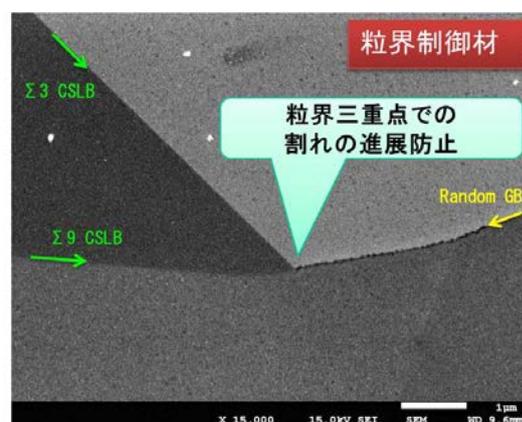
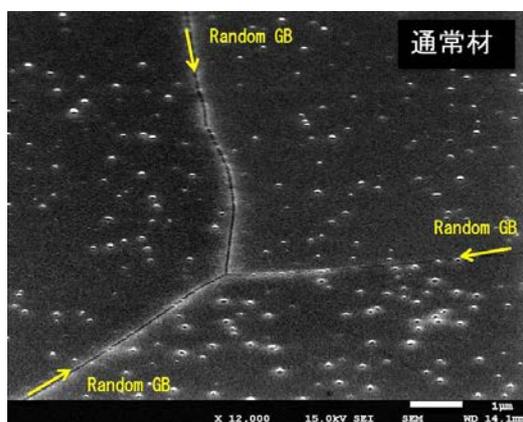


図3 イオン照射による照射環境模擬試験

ヘリウムイオン照射したニッケル合金に生じた粒界割れが確認されます。通常材では粒界三重点で割れが連結していますが、粒界制御材では対応粒界で割れの進展が止められています。

代表的な
特許、論文
受賞など

1. N. Sakaguchi, M. Endo, S. Watanabe, H. Kinoshita, S. Yamashita, H. Kokawa, "Radiation-induced segregation and corrosion behavior on $\Sigma 3$ coincidence site lattice and random grain boundaries in proton-irradiated type-316L austenitic stainless steel", Journal of Nuclear Materials, 434 (2013) 65-71. October 27-30, (2009), (Keynote).
2. N. Sakaguchi, Y. Ohguchi, T. Shibayama, S. Watanabe, H. Kinoshita, "Surface cracking on $\Sigma 3$, $\Sigma 9$ CSL and random grain boundaries in helium implanted 316L austenitic stainless steel", Journal of Nuclear Materials, 432 (2013) 23-27.
3. G. Yamada, H. Kokawa, Y. Yasuda, S. Tokita, T. Yokoyama, Y.S. Sato, H.T. Fujii, S. Tsurekawa, "Effect of post-GBE strain-sensitisation on corrosion resistance of grain boundary engineered 304 austenitic stainless steel", Philosophical Magazine, 93 (2013) 1443-1453.