

核融合炉用タングステン合金及び複合材料の開発

(4) 分散強化タングステン合金の熱衝撃による損傷形成挙動

Development of Tungsten Alloys and Composites for Fusion Reactor

(4) Damage Formation Behavior of Dispersion-strengthened Tungsten Alloys by Thermal Shock Loads

*松井 賢斗¹, 野上 修平¹, Gerald Pintsuk², Marius Wirtz², Thorsten Loewenhoff², 長谷川 晃¹

¹東北大学, ²ユーリッヒ総合研究機構

カリウムバブルによる分散強化やレニウム添加による合金化を施したタングステン合金の熱衝撃による損傷形成挙動について報告する。

キーワード: 核融合炉, タングステン, 分散強化, 合金化, 熱衝撃

1. 緒言

核融合炉ダイバータへの適用が期待されているタングステン (W) では、熱負荷による損傷形成が懸念されている。この損傷形成を抑制するためには、W 材料の機械特性の向上や再結晶化の抑制が必要であるため、我々はカリウム (K) バブルによる分散強化 (K ドープ) やレニウム (Re) 添加による合金化を施した種々の W 合金を作製し、強度や延性の向上、低温脆性や再結晶温度の改善が可能なことなどを明らかにした。本研究では、非定常熱負荷として想定される周辺局在化モード (ELM) による W 材料の損傷形成挙動に及ぼす K ドープや Re 添加の影響を明らかにするため、作製した W 合金の熱衝撃負荷による損傷形成挙動を調べた。

2. 実験方法

供試材は、粉末焼結と熱間圧延で製作した純 W、K ドープ W、W-3%Re および K ドープ W-3%Re の板材、粉末焼結とスエージ加工で製作した K ドープ W の棒材の受け入れまま材 (900°C × 20 min : 応力除去処理材) と、純 W および K ドープ W-3%Re の再結晶熱処理材 (2300°C × 1 h (真空中)) である。熱衝撃試験には、ユーリッヒ総合研究機構の電子ビーム照射装置 JUDITH 1 を用いた。素材の圧延方向を L 方向、板厚方向を S 方向、L および S 方向と直交する方向を T 方向とすると、電子ビームを T-S 面の 4 mm × 4 mm の領域に照射した。熱衝撃試験における吸収エネルギー密度は 0.19 または 0.38 GW/m²、ビームのパルス間隔は 1 ms、繰返し数は 1000 回、試験体のベース温度は 1000°C、雰囲気は真空中とした。熱衝撃試験後には、熱負荷面の損傷状態の観察、表面粗さ (Ra) の測定、熱負荷方向断面 (L-S 面) からの観察による再結晶化の有無やき裂の形成状態の評価を実施した。

3. 結果・考察

右図は、純 W 受け入れまま材の 0.38 GW/m² における熱衝撃試験後の熱負荷面および断面の観察結果である。純 W、K ドープ W、W-3%Re および K ドープ W-3%Re の板材の受け入れまま材において、表面粗さ (Ra) はそれぞれ 0.5 μm、2.0 μm、0.7 μm および 1.1 μm、最大き裂長さはそれぞれ約 250 μm、50 μm、120 μm および 210 μm であった。熱負荷面の損傷状態に及ぼす K ドープや Re 添加の影響は確認されなかったが、き裂の長さは K ドープや Re 添加により低減される傾向が見られた。講演では、機械特性や熱衝撃試験による結晶粒組織の変化などに基づき、損傷形成挙動を議論する。

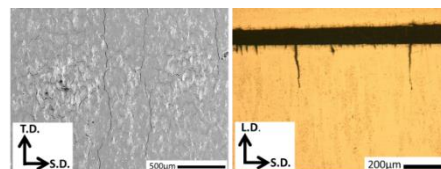


図. 純 W 受け入れまま材の熱衝撃試験後 (0.38 GW/m²) の熱負荷面および断面の観察結果

*Kento Matsui¹, Shuhei Nogami¹, Gerald Pintsuk², Marius Wirtz², Thorsten Loewenhoff² and Akira Hasegawa¹

¹Tohoku Univ., ²Forschungszentrum Juelich