

核融合炉用タングステン合金および複合材料の開発

(1) タングステン-レニウム合金の機械特性と再結晶挙動

Development of Tungsten Alloys and Composite for Fusion Reactor

(1) Mechanical Properties and Recrystallization Behavior of Tungsten-Rhenium Alloys

*渡邊 捷太郎¹, 寺田 樹¹, 野上 修平¹, Jens Reiser², Michael Rieth², 宮澤 健¹, 長谷川 晃¹

¹東北大学, ²カールスルーエ工科大学

機械特性の向上と再結晶の抑制を両立させるために、様々なタングステン材料を開発した。本発表では、レニウムによる合金化を施したタングステン合金の機械特性と再結晶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, 合金化, 機械特性, 再結晶

1. 緒言

核融合炉ダイバータへの適用が期待されている純タングステン (W) の課題として、高い延性脆性遷移温度 (DBTT) や、再結晶による機械特性の劣化などが懸念されている。レニウム (Re) は、W の強度や延性といった機械特性や耐再結晶特性を向上させる固溶元素として知られている。本研究では、3 種類の W-Re 合金の機械特性と耐再結晶特性を比較し、これらの特性に違いが生じた要因を固溶 Re の効果や結晶粒組織の影響から検討することで、核融合炉用 W 材料の Re 添加による組織制御の指針について議論する。

2. 実験方法

供試材は、粉末焼結と熱間圧延により作製された純 W、W-1%Re および W-3%Re の厚板である。圧延率は全て同等とし、W-3%Re のみ低い圧延率のものも用意した。これらの受け入れまま材から、平行部が 5 mm × 1.2 mm × 0.5 mm の引張試験片と、27 mm × 3 mm × 4 mm、ノッチ深さ 1 mm、開口角 60°でノッチの先端半径 0.1 mm のシャルピー衝撃試験片を製作した。引張試験片の長手方向は圧延方向とし、シャルピー衝撃試験片の長手方向は圧延方向、ノッチ方向は板厚方向とした。引張試験は室温から 1300°Cにおいて、シャルピー衝撃試験は 200°Cから 1000°Cにおいて、それぞれ真空中で実施した。再結晶挙動の評価のため、1100°Cから 1500°Cにおいて 1 時間の熱処理を真空中で実施し、ビッカース硬さと金相組織を評価した。

3. 結果

圧延率が同等の純 W と W-3%Re について、Re 添加によって純 W で見られなかった室温での延性が発現し、200 °C以上では強度が増加した。W-3%Re の衝撃試験による DBTT と上部棚吸収エネルギー (USE) は、それぞれ 450°Cと 6.9 Jであり、純 W と比較して DBTT は 100°C低下し、USE は 25%向上した(図 1)。熱処理の結果、純 W の再結晶温度は 1200°Cであったが、W-3%Re は 1500°C以下では再結晶しなかった。W-3%Re は純 W と比べて受け入れままの状態でも微細な結晶粒を有しており、W-3%Re の機械特性が純 W と比較して優れていたのは Re 添加による影響だけでなく、結晶粒径の影響も考えられる。講演では、Re 添加量と圧延率の影響を考慮し、組織と機械特性の関係についてより詳細に議論する。

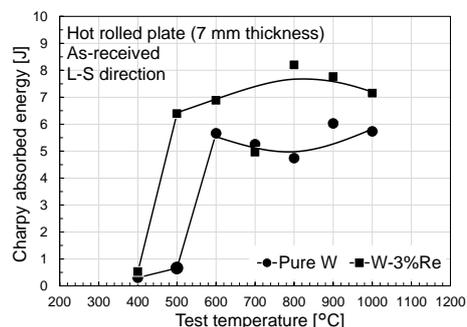


図 1. 吸収エネルギーの試験温度依存性

*Shotaro Watanabe¹, Itsuki Terada², Shuhei Nogami¹, Jens Reiser², Michael Rieth², Takeshi Miyazawa¹, Akira Hasegawa¹

¹Tohoku Univ., ²Karlsruhe Institute of Technology