

核融合炉用タングステン合金の熱機械特性

(1) 純タングステンの熱機械特性と合金開発の概要

Thermo-mechanical Properties of Tungsten Alloys for Fusion Reactor Applications

(1) Thermo-mechanical Properties of Pure Tungsten and Overview of Alloy Development

*野上 修平¹, 渡邊 捷太郎¹, 服部 剛弥¹, Jens Reiser², Michael Rieth²,

土田 航平¹, 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

核融合炉用タングステン (W) には、DBTT の低減など熱機械特性の向上が求められる。本発表では、異なる方法で製作された純 W の引張特性および衝撃特性と、開発した各種 W 合金の概要について報告する。

キーワード：タングステン，衝撃特性，引張特性，結晶粒組織，カリウムドープ，レニウム添加

1. 緒言

タングステン (W) は、融点、熱伝導率およびスパッタリング耐性などの観点から、核融合炉ダイバータへの適用が期待されている。しかし、延性脆性遷移温度（延性から脆性に変化する温度であり、DBTT と呼ばれる。）が使用温度下限値よりも高くなる可能性があるため、低温脆性による損傷形成が懸念されている。よって、強度や延性、DBTT など、熱機械特性の向上が、核融合炉用 W では重要である。

我々は、これら熱機械特性の向上などを目的として、結晶粒微細化、カリウム (K) ドープ、レニウム (Re) 添加などを施した各種 W 合金を開発した。本研究では、これらの材料の引張特性および DBTT を含む衝撃特性について明らかにすることを目的とする。本発表では、異なる方法で製作された純 W について、引張特性および衝撃特性と結晶粒組織との関係を議論するとともに、開発した W 合金の概要について報告する。

2. 実験方法

供試材は、①アライドマテリアル社製の粉末焼結と熱間圧延で製作した純 W 板、②プランゼー社製の粉末焼結と熱間圧延で製作した純 W 板、③プランゼー社製の粉末焼結と熱間鍛造で製作した純 W ラウンドブランクである。これらの受け入れまま材から、外形が 27 mm x 3 mm x 4 mm、ノッチの深さ 1 mm、先端半径 0.1 mm、開口角 60° のシャルピー衝撃試験片 (KLST 型) と、平行部が 5 mm x 1.2 mm x 0.5 mm の引張試験片 (SS-J 型) を製作した。これらの試験片を用いて、室温から 1300°C、真空中（室温試験のみ大気中）において、シャルピー衝撃試験および引張試験を実施した。

3. 結果

シャルピー衝撃試験の結果、①、②および③の DBTT は、それぞれ 550°C、450°C および 700°C であり、DBTT の低い材料ほど上部棚エネルギー (USE) が高い傾向が見られた。また、DBTT および USE と結晶粒径の関係を評価した結果、ノッチ方向（板厚方向）の結晶粒の寸法が小さな材料ほど、DBTT が低く、USE が高い傾向が見られ、結晶粒微細化が熱機械特性向上に効果的であることが示唆された。

本研究では、K バブル分散と Re 添加による結晶粒微細化と、機械特性や再結晶耐性の向上を期待し、①の純 W と同様の条件で K ドープ W、W-3%Re および K ドープ W-3%Re を製作した。これらのうち K ドープ W および K ドープ W-3%Re では、DBTT の低減や USE の増加が見られ、その効果が確認された。

*Shuhei Nogami¹, Shotaro Watanabe¹, Takaya Hattoni¹, Jens Reiser², Michael Rieth², Kohei Tsuchida¹, Takeshi Miyazawa¹ and Akira Hasegawa¹

¹Tohoku Univ., ²Karlsruhe Institute of Technology