核融合炉用タングステン合金の熱機械特性
（2）タングステンの熱機械特性に及ぼすカリウムドープの影響

Thermo-mechanical Properties of Tungsten Alloys for Fusion Reactor Applications
(2) Effect of Potassium Doping on Thermo-mechanical Properties of Tungsten

*服部 剛弥[1]，野上 修平[1]，渡邊 捷太郎[1]，Jens Reiser[2]，Michael Rieth[2]，
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ている。本発表では、タングステンの熱機械特性に及ぼすカリウムドープの影響を報告する。

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

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り、炉の運転中や保守時などの低温時における破損が懸念されている。よって、強度や延性、DBTT などの熱機械特性の向上が、核融合炉用 W では重要である。一般的に、純 W は高温において粒界すべりに起因するクリープ変形によるたるみ（サグ）を示す。このサグ特性の改善法として、カリウム（K）添加により微細な K バブルを分散させる K ドープが知られている。K ドープの効果は、主に電球用フィラメントなどに用いられる線材や細径棒材などでは確認されていたが、ダイバータ用の厚板などでは十分に評価されていなかった。本発表では、我々のグループで開発した K ドープ W 厚板について、引張特性および衝撃特性に及ぼす K ドープの影響について報告する。

2. 実験方法

供試材は、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 板および K ドープ W 板である。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、ノッチ先端半径 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。衝撃試験片の長軸方向は素材の圧延方向、ノッチ方向は板厚方向、引張試験片の長軸方向は素材の圧延方向と圧延方向と垂直な方向の 2 つのものを製作した。これらを用いて、室温から 1300℃、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

衝撃試験の結果、K ドープ W の DBTT は 350℃であり、純 W に比べて約 200℃低下した。また、上部棚エネルギー（USE）は、純 W に比べて平均約 40%増加した。引張試験においては、K ドープ W の最大引張強さ（UTS）は試験温度および試験方向によらず純 W に比べて高かった。一方、全伸びや絞りについては、300℃以下において K ドープによるわずかな改善が確認されたが、それ以外の温度で両材料の間に顕著な違いは見られなかった。K ドープ W では、主に K バブル分散のほかに、純 W と比べて結晶粒も微細化されているため、これらの影響により衝撃特性と引張特性が向上したと考えられる。

* Takaya Hattori[1], Shuhei Nogami[1], Shotaro Watanabe[1], Jens Reiser[2], Michael Rieth[2], Kohei Tsuchida[1], Takeshi Miyazawa[1] and Akira Hasegawa[1]
[1]Tohoku Univ., [2]Karlsruhe Institute of Technology