

熱中性子遮蔽を施して照射したタングステンとタングステン合金の機械特性 Mechanical properties of tungsten and its alloys irradiated with a thermal neutron shield

宮澤健¹、Lauren M. Garrison²、加藤雄大²、檜木達也³、長谷川晃¹

MIYAZAWA Takeshi, GARRISON Lauren M., KATOH Yutai, HINOKI Tatsuya, HASEGAWA Akira

1 東北大・工、2 オークリッジ国立研究所、3 京大

1 Tohoku University, 2 Oak Ridge National Laboratory, 3 Kyoto University

1. 序論

核融合炉ダイバータのプラズマ対向材料としてタングステン(W)を使用するにあたっては、中性子照射による材料特性の劣化や、それに伴う機器信頼性及び寿命の低下が予想される。従って、Wの中性子照射環境における機械特性の変化及びそのメカニズムの解明が重要である。日米科学技術協力事業PHENIX計画における米国オークリッジ国立研究所(ORNL)との国際共同研究では、混合スペクトル炉HFIRを利用したW材料の中性子照射実験が実施されてきた。PHENIX計画にて実施されたRB-19Jキャプセルの中性子照射実験では、ガドリニウム(Gd)による熱中性子遮蔽が特徴であり、核融合炉中性子スペクトルに近い条件での照射が期待できる。そこで熱中性子遮蔽環境下におけるW材料の中性子照射効果の知見を得るために、中性子照射した純W及びW合金の照射硬化量と引張特性を評価することを目的とした。

2. 実験

供試材にはアライドマテリアル社により粉末焼結・熱間圧延で製造された純W、KドープW、W-3%Re合金、KドープW-3%Re合金の板材を用いた。900°C x 20分の応力除去熱処理後の板材を受入れまま材とした。PHENIX計画でのRB-19Jキャプセルによる中性子照射実験では、1つのキャプセルに3つのサブキャプセルが装填されており、それぞ

れ約500°C、約800°C、約1100°Cの3条件の温度域における中性子照射実験が同時に実施された。本研究では500°C照射材と800°C照射材を用いた。それぞれの照射温度における中性子フルエンスは $1.8-2.4 \times 10^{25}$ 、 $3.6-3.8 \times 10^{25}$ n/m²であった。SS-J型微小引張試験片を用いてビッカース硬さ試験と高温高真空引張試験を実施した。

3. 結果と考察

照射硬化量は140-240 HV程度であり、500°C照射材よりも800°C照射材の方が硬化量は大きい傾向がある。従来の熱中性子遮蔽無しのカプセルにおけるW材料の照射硬化量は約300 HVであったことと比較して、照射硬化量は小さかった。図1にRB19J-500Cキャプセル照射材の500°Cにて試験した応力ひずみ曲線を示す。Pure Wは弾性域にて破断したのに対して、Re添加したW-3%ReおよびK-doped W-3%Reは降伏した後は直ぐに塑性不安定性が生じてくびれが形成された。SEMによる破面観察の結果から、Pure Wでは延性を示す絞りがほぼゼロであり、粒内破壊を示した。それに対して、K-doped W-3%Reでは絞りを有しており、圧延加工材特有の層間剥離を示し、破面にはディンプルを有していたことから延性破壊を示したと考えられる。講演では800°C照射材の結果を含めて、純W及びW合金の照射硬化量と引張の挙動を報告する。

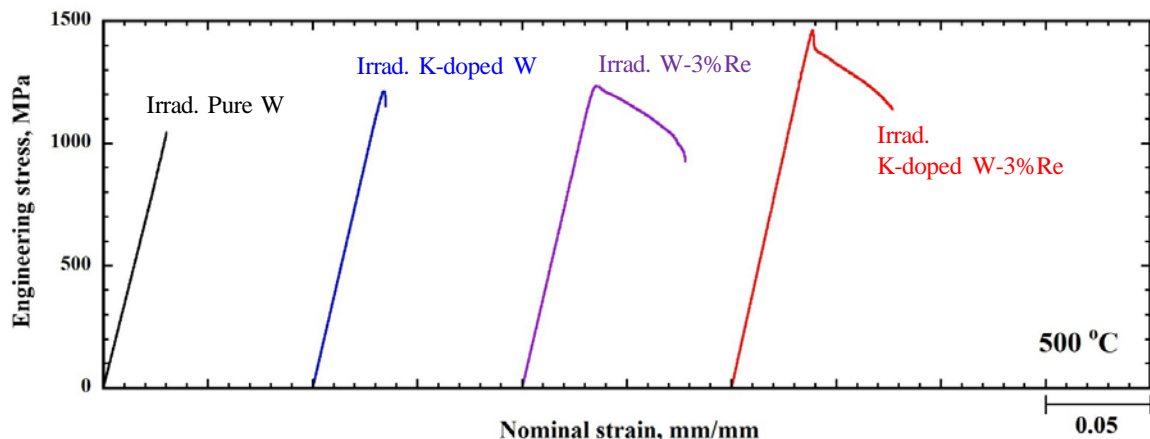


図1 RB19J-500Cキャプセル照射材の500°Cにて試験した応力ひずみ曲線