

# 重イオン照射したタングステンの挙動

## (1) レニウム添加したタングステンの重イオン照射による硬化挙動

Behavior of Tungsten with Heavy Ion Irradiation

(1) Hardening Behavior in Heavy Ion Irradiation on Rhenium Doped Tungsten

\*田島 恒紀<sup>1</sup>, 黄 泰現<sup>1</sup>, 福田 誠<sup>1</sup>, 長谷川 晃<sup>1</sup>, 野上 修平<sup>1</sup>, 小沢 和巳<sup>2</sup>, 谷川 博康<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東北大・工, <sup>2</sup>日本原子力研究開発機構

核融合炉プラズマ対向材料の候補として期待されるタングステン(W)に、レニウム(Re)を添加した W-Re 合金に重イオン照射を実施した。照射後の試料に対し、ナノインデンテーション硬さ試験を実施し、レニウム添加したタングステンの照射硬化挙動を調査した。

**キーワード:** タングステン, レニウム, 照射硬化, 重イオン照射

**1. 緒言:** 核融合炉のプラズマ対向材料であるタングステン(W)は、中性子照射を受けることにより機械特性が変化し、照射脆化すると予想される<sup>[1]</sup>。それに対し、過去の研究では、3~10%のレニウム(Re)をWに添加することで、低照射量領域での照射硬化の抑制が示唆されている<sup>[2]</sup>。しかし、実機相当の高損傷量を原子炉における中性子照射で実現し、Re 添加の効果を調査することは、制御性・損傷速度等の点から難しく、短時間で多くの損傷を導入できる重イオン照射によって、高損傷量領域における Re 添加硬化を予測する必要がある。本研究では、重イオンを照射した W-Re 合金にナノインデンテーション硬さ試験を実施し、W の Re 添加による照射硬化挙動を評価することを目的とした。

**2. 実験:** 供試材は粉末焼結後、熱間圧延等で板材にした後に 900 °C、20 分の応力除去熱処理を施した(株)アライドマテリアル製の W-3%Re 合金である。重イオン照射は(独)日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所の 3 MV タンデム加速器を使用した。照射に用いたイオン種は 18 MeV の W イオンであり、照射温度は 500 及び 800 °C、損傷量は 0.1~8 dpa の範囲である。SRIM 計算をもとに、表面から 500 nm におけるはじき出し損傷量を公称値とした。ナノインデンテーション硬さ試験は室温で実施し、押し込み深さは損傷領域を含みかつ照射領域を超えない 0.3 μm とした。データは 30 点平均の値をとった。

**3. 結果・考察:** 同じ条件で重イオン照射した純 W<sup>[3]</sup>の結果とともに、本研究で得られた W-3%Re の照射硬化量を図 1 に示す。重イオン照射した純 W 及び W-3%Re は、照射量が 1 dpa まで増加するのに伴って硬化量が増加した。5 dpa 照射後の純 W の硬化量は 1 dpa 照射後と同程度であった一方、W-3%Re の硬化量は減少した。図に示すように 8 dpa 照射後は W-3%Re の照射硬化量は再び増加した。W-3%Re の硬化量が 5 dpa 照射後で減少した原因について、材料の製造時に導入された加工転位が回復したためと考えられる。一方、8 dpa で硬化量が増加した原因としては、照射による Re クラスターの形成が挙げられる。先行研究では 5-wt% の Re 添加した W に 13 dpa の重イオン照射を行った際に、Re クラスターの形成が報告されており<sup>[4]</sup>、本研究における W-3%Re で Re 濃度や dpa が小さいものの、同様に Re クラスターが形成されたと考えられる。

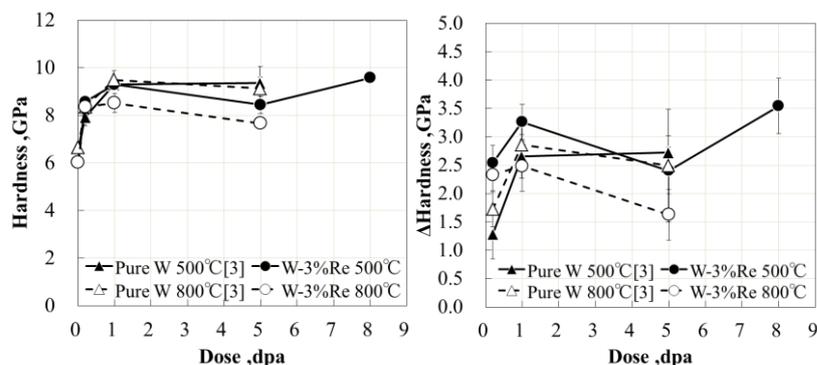


図 1 純 W 及び W-3%Re の照射硬化量

は減少した。図に示すように 8 dpa 照射後は W-3%Re の照射硬化量は再び増加した。W-3%Re の硬化量が 5 dpa 照射後で減少した原因について、材料の製造時に導入された加工転位が回復したためと考えられる。一方、8 dpa で硬化量が増加した原因としては、照射による Re クラスターの形成が挙げられる。先行研究では 5-wt% の Re 添加した W に 13 dpa の重イオン照射を行った際に、Re クラスターの形成が報告されており<sup>[4]</sup>、本研究における W-3%Re で Re 濃度や dpa が小さいものの、同様に Re クラスターが形成されたと考えられる。

**参考文献:** [1] H. Bolt et al., J. Nucl. Mater., 307–311 (2002) 43–52.  
 [2] A. Hasegawa et al., J. Nucl. Mater., (2015) in press.  
 [3] T. Hwang et al., Poster # 351, ICFRM-17, Eurogress Aachen, Germany October 11th - 16th, 2015.  
 [4] D. E. J. Armstorong et al., J. Nucl. Mater., 432 (2013) 428–436.

\*Tsunenori Tabata<sup>1</sup>, Taehyun Hwang<sup>1</sup>, Makoto Fukuda<sup>1</sup>, Akira Hasegawa<sup>1</sup>, Shuhei Nogami<sup>1</sup>, Kazumi Ozawa<sup>2</sup>, Hiroyasu Tanigawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tohoku University, <sup>2</sup> Japan Atomic Energy Agency