

第二相を分散したタングステン-レニウム合金のイオン照射効果 Ion irradiation effect on second-phase dispersed tungsten-rhenium alloy

田畠 恒紀, 福田 誠, 黄 泰現, 野上 修平, 長谷川 晃
Tsunenori Tabata, Makoto Fukuda, Taehyun Hwang, Shuhei Nogami, Akira Hasegawa

東北大・工
Tohoku Univ.

緒言：核融合炉プラズマ対向材料であるタングステン(W)は、中性子の照射を受けることで機械特性が変化し、照射脆化すると予想される。中性子照射によるWの機械特性の変化を調べるために研究用原子炉を利用した中性子照射実験が行われているが、実機を想定した高損傷量の照射の実現には2~3年以上を要す等の問題があることから、加速器を用いた重イオン照射が有効であると考えられる。また、プラズマ対向材料の特性に影響を与える要因の一つに核変換により生成するヘリウム(He)が挙げられ、核変換Heによるスウェリングや脆化が懸念される。したがって核融合炉実機におけるWの特性変化を評価するためには、実機相当の重照射影響及び核変換Heの影響を調査する必要がある。また、近年Wに対してReの添加や第二相分散を施すことで照射脆化への耐性及び機械特性の向上が示唆されており、その有用性も調査する必要がある。本研究では、加速器を用いてWの重照射及びHe照射による特性変化及びそれに及ぼす合金化の影響を、イオン照射及びナノインデンテーション硬さ試験によって調査することを目的とした。

実験：供試材は粉末焼結及び熱間圧延後、900℃で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Pure W、K-doped W、K-doped W-3%Re、La-doped W-3%Reである。重イオン照射は(独)量子科学技術研究開発機構・高崎量子応用研究所の3MVタンデム加速器を使用し、18 MeVのWイオンを照射した。照射温度は500及び800℃、損傷量は0.2~8.0 dpaの範囲とした。SRIM計算を基に、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且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。

結果・考察：ナノインデンテーション硬さ試

験の結果を図1に示す。Pure W及びW合金は照射温度に関わらず、照射量の増加と共に硬化量が飽和する傾向が得られた。硬化量はK-doped Wが最も小さくなった。この原因として、材料中に分散したKバブルが、材料製造時の圧延中に転位密度を高くしたことが挙げられる。K-doped W-3%ReではReを含む照射誘起析出物である σ または χ 相の核となるReリッチクラスターの生成による硬化量の上昇と同時に、先述のKバブルによる硬化の抑制が生じたと考えられる。また、照射温度の上昇により硬化量が減少する傾向が認められ、その原因として点欠陥の易動度が高くなったことが挙げられる。La-doped W-3%Reは他の試料より硬化量が大きくなった。この材料においては、Kバブルの場合と同じく分散相のLa酸化物等の欠陥シンク密度の増加による硬化抑制が期待されたものの、それらが十分に働かず、照射硬化が大きくなった可能性がある。発表では各材料の照射硬化メカニズムをより詳細に検討するとともに、Heイオン照射の結果・考察についても述べる予定である。

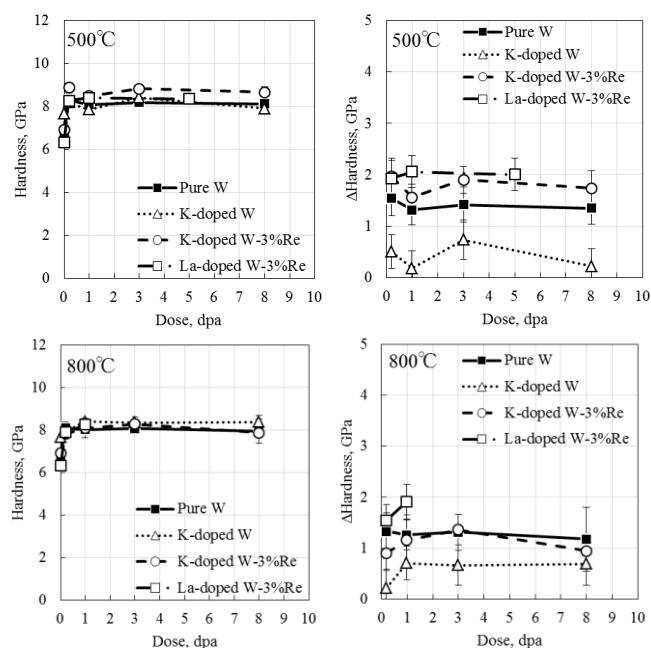


図1 それぞれの試料の硬さと硬化量