

ヘリウム注入したタングステン合金の高温における組織安定性 Microstructural stability at high temperature helium implanted tungsten alloys

鈴木理功, 宮澤健, 野上修平, 長谷川晃
SUZUKI Riku, MIYAZAWA Takeshi, NOGAMI Shuhei, HASEGAWA Akira

東北大・工
Tohoku University

1. 緒言

核融合炉ダイバータ材料として期待されているタングステン(W)は、核融合炉運転中のダイバータ表面への高熱負荷により W の再結晶温度付近まで上昇する。それにより、製造時に導入された加工組織が回復し、さらに再結晶粒の形成と成長により再結晶脆化を引き起こす。そこで、再結晶を起こしにくくするために、純 W にカリウム(K)バブルを第二相として分散させたり、もしくはレニウム(Re)を合金添加元素として固溶させることで、再結晶粒の形成と成長が抑制され、再結晶耐性を向上させることが行われている。一方、高エネルギー中性子との (n, α) 反応によって、DEMO 炉 5 年間の運転で約 20appm のヘリウム(He)が生成すると予測されている。また純 W に He を注入することで再結晶が抑制されることが報告されている^[1]。しかし、この注入 He の効果が W 合金においても同様に発揮されるかどうかは明らかではない。そこで本研究では、He を注入したこれらの W 合金に 1500°C までの熱処理を施し、加工組織の回復と転位や結晶粒組織の安定性に及ぼす He の効果を明らかにすることを目的とする。

[1]A.Hasegawa et al., Physica Scripta, T171, 2020, 14016

2. 実験方法

供試材は、粉末焼結と熱間圧延によって製造された K-doped W と W-3%Re である。この供試材には 900°C × 20min の応力除去熱処理が施され、これを受入れまま材(AR 材)とした。試料は、厚さ 0.2mm の TEM ディスクであり、東北大学

のサイクロトロン加速器を用いて、試料の厚さ方向に対して均一に He を注入した。He 注入量は、2appm および 20appm とした。その後の熱処理温度は、1300°C と 1500°C とした。ビッカース硬さ試験と金相観察を実施し、熱処理による組織安定性を調べた。

3. 結果

図1に熱処理前後におけるビッカース硬さの He 注入量依存性を示す。K-doped W の AR 材および 2appm 注入材では、1300°C × 1h の熱処理によって硬さがそれぞれ 80HV、120HV 低下し再結晶したと考えられる。一方、20appm の He 注入材では、非注入材より硬さの低下量が小さく、1500°C × 1h の熱処理でも再結晶粒が観察されなかった。W-3%Re の AR 材および 2appm 注入材では、1500°C × 1h の熱処理によって硬さがそれぞれ 79HV、83HV 低下しており再結晶したと考えられる。一方、20appm の He 注入材では、1500°C × 1h の熱処理においても再結晶粒が観察されなかった。K-doped W および W-3%Re においても、He を 20appm 注入することによって再結晶温度が上昇することがわかった。He 20appm 注入による再結晶温度の上昇は、純 W と同様で、He バブルは、注入した直後には空孔などの欠陥に存在したが、熱処理により空孔や空孔集合体から解離した後、亜結晶粒界や転位にトラップされるバブルとして析出することでそれらの移動を妨げ、再結晶核の形成を阻害したためと考えられる^[2]。

[2]V.N.Chernikov et al., J. Nucl. Mater., vol.212-215, pp.375-381, 1994

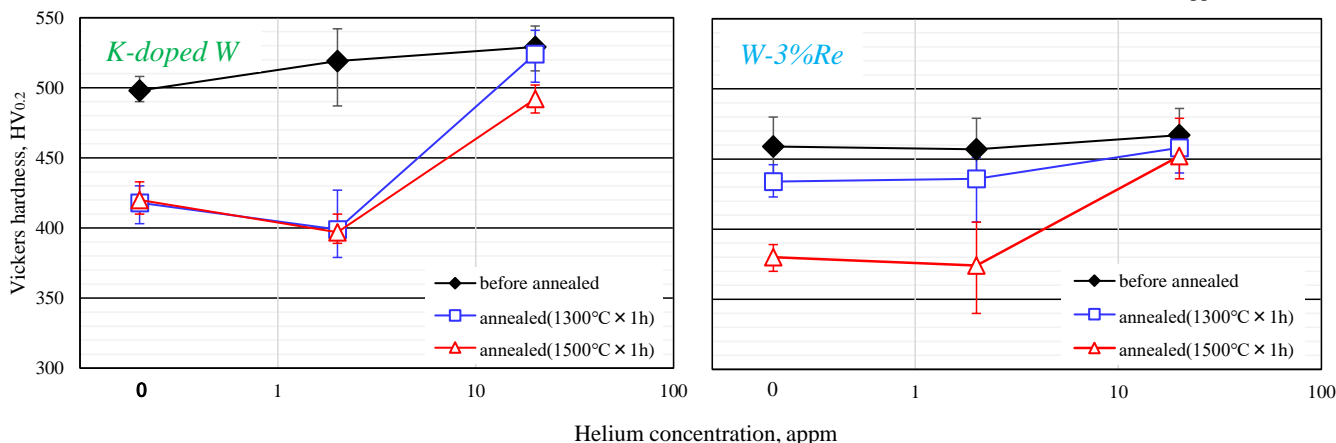


図1 熱処理前後におけるビッカース硬さの He 注入量依存性