

ヘリウムイオンを注入したタングステン合金の引張特性

Tensile properties of helium-implanted tungsten alloys

*宮澤 健¹, 金丸 凌大¹, 長谷川 晃¹

¹東北大学

タングステン(W)の材料改質においては、レニウム(Re)添加やカリウム(K)ドーブが有効であることが分かっている。W-3%Re 合金や K ドープ W 合金の引張特性に及ぼすヘリウム(He)注入の影響を報告する。

キーワード：核融合炉，ダイバータ，タングステン合金，ヘリウム注入，引張特性

1. 緒言：核融合炉ダイバータ候補材料である W では高エネルギー中性子との核変換反応によって約 20 appm の He が生成すると予測されている。これまでの研究において 20 appm の He 注入により圧延材を応力除去熱処理した純 W の再結晶が抑制され[1]、高温での延性が低下するものの、オーステナイト鋼で報告されているような高温での粒界破壊を伴う He 脆化ほど顕著な影響は見られないことが分かってきた。純 W と同様に粉末冶金にて製造された W-3%Re や K ドープ W の引張特性に及ぼす He 注入の影響を明らかにする。

2. 実験方法：粉末焼結と圧延加工で製造された純 W, K-doped W, W-3%Re の 900 °C×20 min の応力除去熱処理材を用いた。試験片にはゲージ部の寸法が長さ 5 mm×幅 1.2 mm×厚さ 0.2 mm である SS-J 型微小引張試験片を用い、その引張方向は圧延材の圧延方向に直交する板幅方向である。He 注入は東北大学サイクロトロン加速器にて 50 MeV の He イオンをエネルギーディグレーダを用いて 0.2 mm の試験片厚さ方向にほぼ均一に 20 appm 注入した。He 注入時の温度は 100 °C以下に制御した。He 注入まま材(As-implanted)と He 注入後に 1500 °C×1h 熱処理を行った試料(PIA: Post Implantation Annealed)を用意し、ひずみ速度 10⁻³ と 10⁻⁵ /s で 1300 °Cにて引張試験を実施した。

3. 結果と考察：図 1 に He を注入した W 合金の 1300 °Cにおける引張強さと全伸びのひずみ速度依存性を示す。He を注入した W 合金においても純 W と同様に 1500 °C×1h の熱処理によって転位や亜粒界の回復による引張強さの低下が生じたが、再結晶は起こらなかった。1300 °Cの引張試験では Re による固溶硬化によって W-3%Re は純 W よりも強度が高くなった。ひずみ速度が 10⁻³ から 10⁻⁵に減少すると全伸びが減少する傾向が得られ、10⁻⁵ /s の試験では高温で発生した粒界すべりに起因すると思われる粒界破壊領域も観察された。K-doped W においては純 W や W-3%Re と比較して高い全伸びを示したことから、K バブル分散によって粒界すべりが低減した可能性が示唆された。以上より、20 appm の He は W 合金においても純 W と同様に層状組織や粒内のセル構造を安定化させる効果が認められた。講演では、He 非注入材の組織変化と引張特性を報告し、He 注入が応力除去熱処理した純 W 及び W 合金の 1300 °Cにおける引張特性に及ぼす影響を議論する。

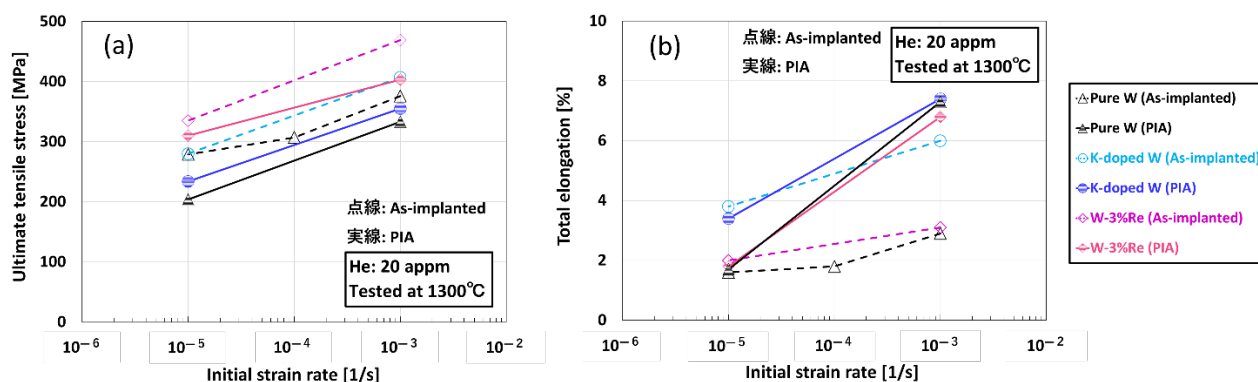


図 1. He を注入した W 合金の 1300 °Cにおける(a)引張強さと(b)全伸びのひずみ速度依存性

参考文献 [1] A. Hasegawa, T. Miyazawa, D. Itou, T. Hattori, K. Yoshida, S. Nogami, Physica Scripta. T171 (2020), 014016.

*Takeshi Miyazawa¹, Ryota Kanamaru¹ and Akira Hasegawa¹

¹Tohoku Univ.,