

組織制御および合金化によるタングステンダイバータの構造強度の変化

Variation of Structural Strength of Tungsten Divertor by Microstructure Control and Alloying

*管 文海¹, 野上 修平¹, 福田 誠¹, 豊田 倫敏¹, 仁木 健人¹, 長谷川 晃¹,

¹東北大学

組織制御および合金化による W ダイバータの構造強度の変化について計算機シミュレーションにより評価し、それらの効果について検討した。

キーワード : Divertor, Structural strength, Tungsten, Microstructure control, Alloying

1. 緒言

ダイバータ用材料として期待されるタングステン (W) の機械特性の向上には、固溶強化や分散強化などが有効である。我々のグループでは、純 W の機械特性を向上させるとともに、再結晶化および中性子照射脆化への耐性を向上することを目的とし、カリウム (K) ドープによりバブル分散強化した K ドープ W (KW) や、さらにレニウム (Re) を添加するにより固溶強化した K ドープ W-3Re (KW3Re) などの W 材料を開発した。本研究では、これら組織制御および合金化による W ダイバータの構造強度の変化について計算機シミュレーションにより評価し、それらの効果について検討した。

2. 解析

本研究では、ITER ダイバータの 1/4 モデルにより、有限要素解析を実施し、温度分布と応力・ひずみ分布を評価した。材料は、弾完全塑性体を仮定し、ヤング率、ポアッソン比および熱膨張率は文献値を、降伏応力は引張試験による 0.2%耐力を、熱伝導率は熱拡散率および比熱の実測値から求めた値を採用した。負荷条件としては、熱負荷 1 サイクルのみを模擬し、ダイバータ表面に 20 MW/m²を 10 秒間負荷した後、引続き 20 秒間無負荷状態とした。冷却水温度および圧力は、それぞれ 25°Cおよび 2 MPa とした。

3. 結果

図は、熱負荷によるき裂発生が認められた熱負荷面中央部の点 (図中の A 点) におけるき裂開口方向 (図中の Y 方向) の応力とひずみの関係である。履歴の中の特徴的な点については温度も記載した。材料によらず、冷却後の引張応力は 400 MPa を超えており、その時点での温度が 100°C程度であることを加味すると、純 W においては、再結晶脆化によるき裂発生の可能性が示唆された。最大引張応力は、降伏応力の増加などにより K および Re 添加した材料のほうがわずかに大きかったが、一方で、再結晶脆化は K および Re 添加によって大幅に改善されるため、これらの材料では、き裂発生が抑制傾向にある可能性が考えられる。報告では、K および Re 添加による再結晶化温度、再結晶化挙動および照射脆化挙動の変化を考慮し、ダイバータの構造強度に及ぼすそれらの影響を議論する。

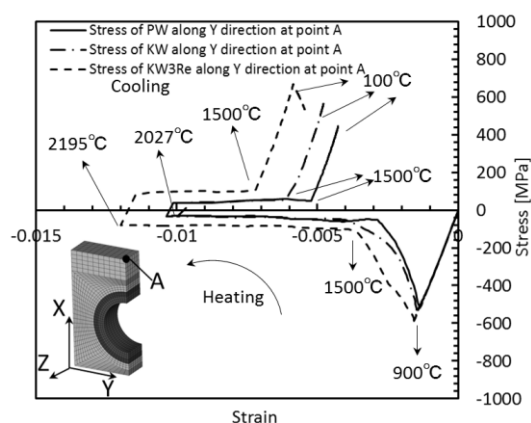


図. A 点における Y 方向の応力とひずみの関係

*Wenhai Guan¹, Shuhei Nogami¹, Makoto Fukuda¹, Michitoshi Toyota¹, Kento Niki¹, Akira Hasegawa¹

¹Tohoku Univ.,