

核融合炉用タングステン材料の微細組織発達に及ぼすヘリウム注入の影響 Effect of helium implantation on microstructural development of tungsten materials for fusion reactors

井藤大智、宮澤健、野上修平、長谷川晃
ITO Daichi, MIYAZAWA Takeshi, NOGAMI Shuhei, HASEGAWA Akira

東北大・工
Tohoku University

1. 序論

核融合炉プラズマ対向材料として期待されているタングステン(W)においては高エネルギー中性子との核変換反応によって、使用5年間で約20appmのヘリウム(He)が生成すると予測されている。このHeが粒界等の界面上に析出し、粒界強度を低下させるHe脆化が鉄鋼材料では知られている。しかしながら我々のこれまでの研究では、Wに200appmまでHe注入してもその後1100°C×100hの焼鈍と700°Cでの引張試験ではHe脆化は観察されておらず、その脆化への影響は解明されていない。

本研究ではWに20appmのHeを注入し再結晶温度近傍で熱処理することで、回復から再結晶に至るまでの注入Heの挙動および微細組織発達を明らかにすることを目的として行った。

2. 実験

試料は、粉末焼結・熱間圧延にて製造した純WのTEMディスク(直径3mm、厚さ0.2mm)を用いた。

東北大学サイクロトロン加速器を用いて50MeVのHeをエネルギーディグレーダーを介して照射し、試料の深さ方向に均一にHeを注入した。照射温度は100°C以下に制御して、注入量は20appmとした。He注入したWを真空中にて熱処理を行った。熱処理条件は①1300°C×1h ②1300°C×4h ③1350°C×4hの3条件とした。熱処理前後でビッカース硬さ試験を行い、試料表面をエッチング処理して金相観察を行った。

3. 結果

図1に示すように、He注入していない非注入材は1300°C×1hの熱処理で硬さは約80HV低下しているのに対して、He注入材は1300°C×1hで約50HVの低下であった。図2に示す金相観察の結果から、非注入材は受け入れままの細かい層状の結晶粒組織から、1300°C×1hの熱処理によって等軸粒が数多く観察されたため、再結晶したと考えられる。しかしながらHe注入材はすべての熱処理条件において、圧延集合組織特有の層状な結晶粒が観察されたことから完全な再結晶には至っていないと考えられる。しかし、1350°C×4hの条件では直径

50μm程度の等軸粒がいくつか観察され、再結晶が部分的に進みつつあると考えられる。

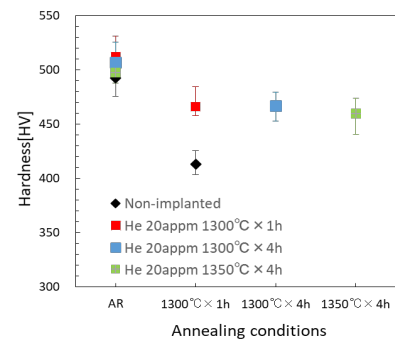


図1 ビッカース硬さ試験結果

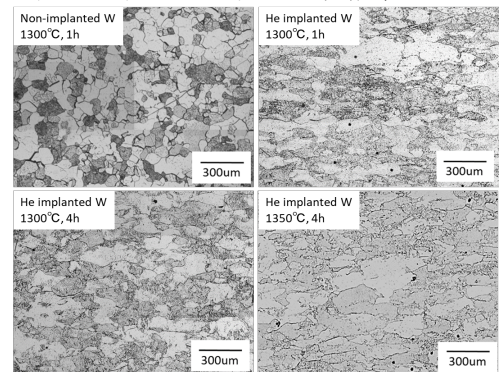


図2 金相観察結果

4. 考察

これまでの結果より、He注入により一次再結晶の駆動力が大きく低下したことが分かった。また硬さ試験結果より、He注入材は1300°C×1hの段階で回復は完了していると考えられる。よってHeバブルは回復に与える影響はほとんどないが、再結晶粒の成長を阻害するインヒビターとなっている可能性が考えられる。その理由は転位線上に固着するHeバブルは微細なため転位の運動への阻害は小さく、転位の回復は進行する。しかし、転位が配列し亜結晶粒界となると、転位上をHeが移動し微細なHeバブルが成長する。成長した大きなバブルが亜結晶粒界の移動をピン止めすることにより再結晶を抑制していると考えられる。今後はより長時間の熱処理を行い、完全な再結晶を目指す計画である。