

核融合炉壁材としてのタングステン材料開発の取り組み Development of tungsten materials for fusion reactor walls

松田直也、三浦径、飯倉武志、角倉孝典、山崎繁一、瀧田朋広

MATSUTA Naoya, MIURA Kei, IIKURA Takeshi, KADOKURA Takanori, YAMAZAKI Shigekazu, TAKIDA Tomohiro

株式会社アライドマテリアル
A.L.M.T Corp.

1. 緒言

核融合炉におけるダイバータは高い熱負荷を受ける機器であり、耐熱衝撃性が要求される。これまで、20 MW/m²×1000サイクルの高熱負荷への耐久性を備えたタングステン(W)材料を開発した。ITER機構が実機適用の可否を判断するための認証試験としての熱負荷試験[1]において、優れた耐熱衝撃性が認められ、ITER機構および量子科学研究開発機構からITERダイバータ用W圧延材として認証を受けた。ITERに続く発電実証を目的とした原型炉においては、長期間の熱負荷及び、強い中性子照射下での運転が想定されており、W材料に対してさらに優れた機械的健全性が求められる[2]。そこで本研究では、その手段として合金化を考え、これまで種々のW合金を試作し、国内研究機関に提供してきた[3]。しかしながら、それらは試験的に作製した小規模な(厚さ約7 mm)圧延材であったため、実規模のモノブロック(ITERでは厚さ12 mm)を作製するためには、よりスケールアップさせた材料を検討する必要があった。

本報告では、高熱負荷後の機械的健全性を高める目的でカリウム(K)等の元素を微量添加した原料粉末を用い、ITERダイバータ用W圧延材のプロセスに基づいた圧延材を作製し、得られた材料の再結晶挙動および、再結晶後の機械特性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験

試作材は粉末冶金法を用いて作製した。K等の微量元素を添加したKドーブW粉末を静水圧成形(CIP)により成形後、それを焼結して得たインゴットを、現行のITERダイバータ用W圧延材のプロセスに基づいて熱間圧延を行い、KドーブWの圧延材を作製した。試作材のKドーブW圧延材、および比較材として一般用W圧延材、ITERダイバータ用W圧延材から組織観察、硬度測定用のサンプルを採取した。組織観察用サンプルは、高熱負荷後の状態を模擬するため、2000°C×1 hの熱処理を施した後に組織観察を行った。硬度測定は、再結晶挙動の調査を目的

に温度、時間を変化させた熱処理を実施後、ピッカース硬度計を用いて試験荷重20 kgfの条件で行い、硬度変化から再結晶率を求めた。また、試作材から引張試験片を圧延方向と直行する方向を引張軸として採取し、2000°C×1 hの熱処理を施したのち、200°Cから500°Cの温度範囲で引張試験を行った。

3. 結果

図1に2000°C×1 hの熱処理後の各W材料の組織写真を示す。(a)一般用W圧延材は著しく結晶粒が粗大化しているのに対し、(b)ITERダイバータ用W圧延材は再結晶粒の粗大化が抑えられている。(c)の開発材KドーブW圧延材は、(b)のITERダイバータ用W圧延材よりもさらに再結晶粒の粗大化が抑えられていた。これらの結果から、Kバブル導入により、再結晶粒の粒成長を効果的に抑えることが可能である事が示唆された。発表ではこれらの材料の再結晶挙動や、再結晶後の機械的特性についても報告する。

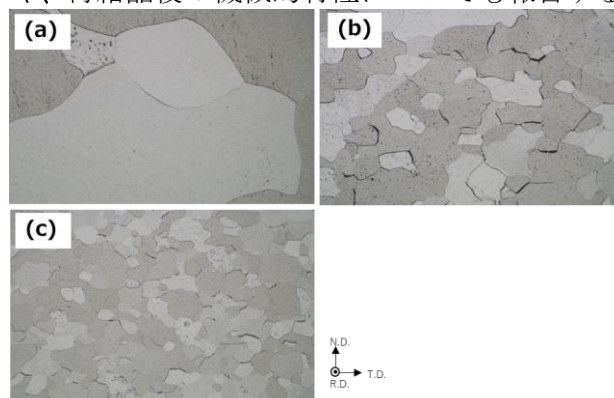


図1 各W材料の2000°C×1h熱処理後の光学顕微鏡写真
(a)一般用W圧延材、(b)ITERダイバータ用W圧延材、
(c)試作材KドーブW圧延材

参考文献

- [1]K.Ezato, S.Suzuki, Y.Seki, K.Mohri, K.Yokoyama, F.Escourbiac, T.Hirai, V.Kuznetcov : *Fusion Eng. Des.*, 98-99 (2015), 1281.
- [2]A.Hasegawa : *J. Plasma Fusion Res.* Vol.92, No.12 (2016) 891-896
- [3]S. Nogami, A. Hasegawa, M. Fukuda et al. : *Journal of Nuclear Materials* 543 (2021) 152506