

# ダイバータ用タングステン厚板材の機械特性に関する異方性

## Anisotropy in the mechanical properties of tungsten thick plate for divertor

松井賢斗、宮澤健、野上修平、長谷川晃

MATSUI Kento, MIYAZAWA Takeshi, NOGAMI Shuhei and HASEGAWA Akira

東北大・工  
Tohoku University

### 1. 緒言

核融合炉ダイバーターへの適用が期待されているタンクステン(W)においては、製造コストと材料均質性等の観点から粉末焼結と熱間圧延加工による製造方法が最も有望であると考えられている。一般的な金属材料においては、熱間圧延加工における圧延度と圧延方向によって結晶粒の形態は変化し、機械特性に異方性が生じることが知られている。そこで本研究では、試作されたW厚板材を用いて結晶粒組織と引張特性の異方性を明らかにすることを目的とする。

### 2. 実験方法

供試材は、粉末焼結と熱間圧延で製造された純Wの厚板材(素材厚さ14mm)である。素材の均質性を評価するために、硬さ試験と金相観察を実施した。熱処理前後の結晶方位の変化を観察するため、EBSD(後方電子散乱回折)分析を実施した。

試験片採取方向と寸法を図1に示す。熱間圧延加工時に形成された黒皮層を両端1mmずつ除去した厚さ12mmの素材から、長さ5mm、幅1.2mm、厚さ0.5mmのゲージ部を有する改良SS-J型微小試験片(SS-J Short(SS-JS)試験片と呼ぶ)を採取した。これにより、圧延(X)方向、板幅(Y)方向、板厚(Z)方向のそれぞれにおいて同一寸法のゲージ部を有する試験片を使用して引張特性の異方性を評価した。試験温度は100~1100°Cとした。

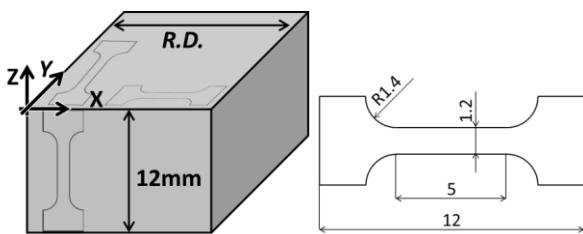


図1 SS-JS 試験片採取方向と寸法、引張方向

### 3. 結果・考察

金相観察から、試作されたW厚板材は粗大な結晶粒が散見されるが、基本的には細粒の層状組織が観察された。結晶粒径と硬さの板厚方向分布は表面部に比べて中心部ではやや細粒であり、硬さが10HV高い傾向が見られた。

EBSD解析の結果より、W厚板材の表面部( $1/8t$ 位置,  $t = \text{板厚}$ )と中心部( $1/2t$ 位置)における結晶方位の変化を図2に示す。受け入れまま材では表面部に比べて中心部でKAM値が $1^{\circ}$ 未満の青色で

表示される領域が少なく、転位密度が高いことが示唆された。また、 $1200^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ の熱処理によって転位を含まない等軸な結晶粒が一部で形成し、再結晶が開始していることが明らかになった。

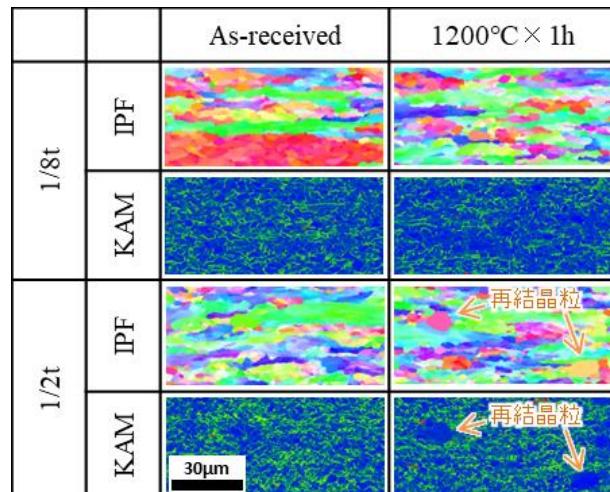


図2 表面部と中心部におけるW厚板材の結晶方位

最大引張強さと全伸びの試験温度依存性を図3に示す。Z方向は $300^{\circ}\text{C}$ 、Y方向は $100^{\circ}\text{C}$ において弾性域で破壊した。X方向は $100^{\circ}\text{C}$ においても降伏して20%以上の高い伸びを示した。X方向は圧延方向と平行な方向であり、すなわち層状な結晶粒の長手方向と同一な方向に引張荷重が負荷される。それに対して、Z方向では引張方向と層状な結晶粒の長手方向が直交しており、粒界の存在確率が高く、粒界に沿ってき裂が進展しやすい。よって引張特性の異方性は、層状な結晶粒組織に起因したものであると考えられる。

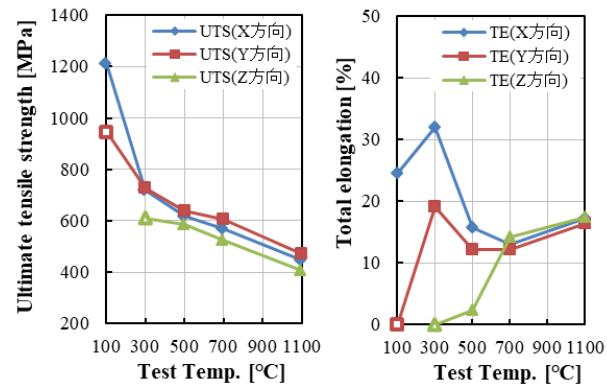


図3 W厚板材の最大引張強さと全伸びの試験温度依存性(白抜きのプロットは脆性破壊を示す)