純タングステン圧延材および再結晶材の高温引張特性

High temperature tensile properties of ITER-grade W in stress-relieved and recrystallized states *徳永 和俊 ¹, 松尾 悟 ², 栗下 裕明 ³, 牧村 俊助 ³, 長谷川 真 ¹, 中村 一男 ¹ 九州大学, ²東北大学, ³高エネルギー加速器研究機構

W 圧延材について 1600℃および 1800℃で高温引張試験を行い、これまで得られた再結晶材を含めたデータ と統合し、引張強度、降伏強度、全伸びおよび均一伸びの温度・歪速度依存性や高温変形機構を検討した。

キーワード: タングステン, 圧延材, 再結晶材, 高温引張試験, 温度・歪速度依存性

1. 緒言

ITER のタングステン(W)ダイバータは、定常熱負荷やディスラプションおよび ELMs 時の非定常熱負荷を受け、室温から融点直下までの静的・動的温度変化を受ける。したがって、室温から高温までの広い温度範囲にわたり材料特性のデータを取得する必要がある。本研究では、ITER 仕様の純 W 圧延材について、1600℃ および 1800℃において高温引張試験を行った。また、これまでの我々の研究グループで進めてきた純 W 圧延材および再結晶材の引張試験の結果とも合わせ、温度・歪速度依存性や高温変形機構について検討した。

2. 実験方法

ITER 仕様の純 W 板材(アライドマテリアル製の応力除去処理材(SR 材))から引張軸方向が圧延方向に平行な試験片(L-T)と垂直な試験片(T-L)を切り出し、全面を機械研磨した。一部の試験片を 1800 で 1 時間、真空焼鈍することにより再結晶処理材(RC 材)とした。試験片の寸法は、平行部の長さ 5.0 mm、幅 1.2 mm、厚み 0.5 mm である。引張試験は超高温材料研究センターの引張試験機を使用し真空中で行った。引張試験時の初期歪速度は 1800 では $2 \times 10^{-4} \, \mathrm{s}^{-1}$ 、 $5 \times 10^{-4} \, \mathrm{s}^{-1}$ および $2 \times 10^{-3} \, \mathrm{s}^{-1}$ で、1600 では $5 \times 10^{-4} \, \mathrm{s}^{-1}$ とした。得られたデータなどから、引張強度、降伏強度、全伸びおよび均一伸びの温度・歪速度依存性を示すと共に、高温変形の律速機構について検討した。また、破断した試験片の破面や表面を SEM を用いて観察した。

3. 結果および考察

図 1 には、初期歪速度が 2 x 10^4 s⁻¹ における変形強度(塑性変形開始後、加工硬化率がほぼゼロになる応力。ヤング率(E)で規格化)のアレニウスプロットを示す。図からわかるように、SR 材と RC 材の変形強度は

領域 I (400°C~1300°C)および II (1300°C~1800°C)の二つの領域に分けることができる。領域 I では、RC 材は SR 材と比較して変形強度は半分程度に低下しており、再結晶による結晶粒の粗大化と転位密度低下により軟化したものと考えられる。また、SR(L-T)材の領域 II では直線関係が得られ、直線の勾配 Q/nR(Q:変形の活性化エネルギー、n:歪速度の応力指数、R:気体定数)は 9800 K となる。 1800°Cにおける変形強度と塑性歪速度の両対数プロットにより n~7.5 が得られ、これらを用いて Q~610 kJ/mol と評価された。この値は W の自己拡散の活性化エネルギー[1]に近い。このことは、自己拡散により、増殖した転位の再配列や消滅(内部応力の回復)が起こることを示しており、内部応力の回復が領域 II の変形の律速機構であると考えられる。

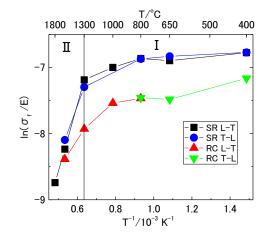


図1変形強度の温度依存性 (アレニウスプロット)

参考文献

[1] J.N. Mundy et al., Phys Rev. B 18(1978)6566-6575

^{*}Kazutoshi Tokunaga¹, Satoru Matsuo², Hiroaki Kurishita³, Shunsuke Makimura³, Makoto Hasegawa¹ and Kazuo Nakamura¹ Kyushu Univ., ²Tohoku Univ., ³KEK