

核融合炉用タングステン-タンタル合金の開発

Development of tungsten-tantalum alloys for fusion reactor applications

大澤 一輝¹, 浅見 大輔¹, 野上 修平¹, 近田 拓未², 笠田 竜太¹,
宮澤 健², 藪内 聖皓³, 三輪 美沙子¹, 長谷川 晃¹

Itsuki Ozawa¹, Daisuke Asami¹, Shuhei Nogami¹, Takumi Chikada², Ryuta Kasada¹,
Takeshi Miyazawa¹, Kiyohiro Yabuuchi³, Misako Miwa¹, Akira Hasegawa¹

¹東北大学, ²静岡大学, ³京都大学

¹Tohoku Univ., ²Shizuoka Univ., ³Kyoto Univ.

1. 緒言

核融合炉ダイバータへの適用が期待されるタングステン (W) は、低温脆性、再結晶脆化、中性子照射脆化などが課題である。これらを改善する手法の一つとして、レニウム (Re) を添加する合金化があるが、照射量の増加にともない生ずる照射誘起析出による脆化が懸念されている。これは、Reは固溶限以下の濃度であっても、照射中に誘起された偏析や析出により、硬く脆い金属間化合物がW中に形成するためである。

本研究では、Wに全率固溶し、析出物の形成が報告されていない元素のうちタンタル (Ta) に着目し、粉末焼結により製作したW-Ta合金について、その熱特性、再結晶挙動および機械特性と、照射による硬化挙動を評価した。さらに、Taの水素吸蔵能力はWに比べ高く、機械特性への影響が懸念されることから、引張特性に及ぼす水素の影響についても検討した。

2. 実験方法

供試材は、粉末焼結と熱間圧延によって製造され、応力除去熱処理を施した純W、W-1%Ta、W-3%Ta及びW-5%Ta合金である。

これらの材料について、熱特性の評価のため、室温から500°Cの温度において熱拡散率を評価した。また、再結晶挙動の評価のため、900°Cから2300°Cの温度範囲において真空中又はアルゴン中において1時間保持の熱処理をし、その後室温にてビッカース硬さを評価した。さらに、機械特性の評価として、室温から1300°Cの温度において引張試験を実施した。引張試験片の平行部の寸法は5mm×1.2mm×0.5~0.75mm、試験片長手方向と圧延方向を一致させた。

耐照射性の評価のため、プロトン照射材のビッカース硬さ測定を実施した。照射には、東北大学の3MVダイナミトロン加速器による3MeVのプロトンを用いた。照射温度は1200~1500°C、照射量は0.5dpaであった。照射後試験として、

ビッカース硬さを測定した。

機械特性に及ぼす水素の影響を評価するため、600°Cに保った雰囲気炉中で、水素分圧80 kPaで24時間、0.8kPaで6時間の2条件で重水素チャージを施した試験片を作成し、引張試験を行った。

3. 結果

図は、純W及びW-1~5%Taのビッカース硬さの熱処理温度依存性である。W-1~5%Ta合金の受け入れままにおける硬さは純Wに比べ高く、固溶強化の影響が現れたものと考えられる。純Wは1250°Cで硬さが低下しているのに対し、W-1~5%Taは1500°Cから1700°Cまでの温度域で硬さが低下しており、再結晶温度が上昇したと考えられる。また、室温から1300°Cまでの全温度域において、引張試験ではW-1~5%Taの最大引張強さは純Wよりも高く、全伸びは再結晶しない温度域では純Wと同程度であった。これら再結晶温度や強度の上昇は、Taの添加により結晶粒界や転位の移動が阻害されたことに起因していると考えられる。

発表では、熱特性、再結晶挙動および機械特性と、耐照射性の観点から、W-Ta合金のダイバータ材料としての適用可能性や、適正なTa添加量について議論する。

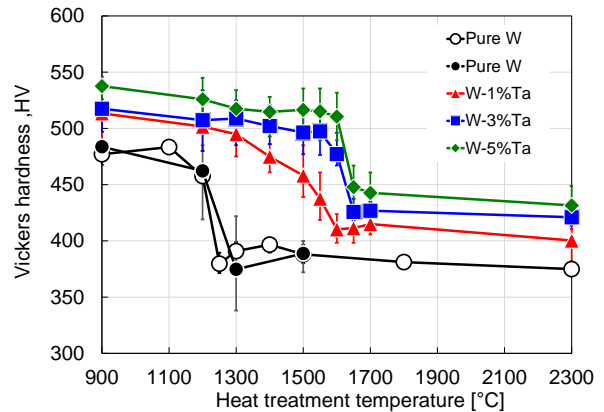


図. ビッカース硬さの熱処理温度依存性