

最先端加速器技術で産業を革新する 超耐熱高靱性・高電気抵抗率タングステン合金

SATテクノロジー・ショーケース2023

■ はじめに

加速器科学は、ノーベル賞級の素粒子物理や物質・生命科学の解明など人類の文明の発展を支えてきた。大強度高エネルギー陽子ビームを標的材に衝突させることによって生成される二次粒子を実験に利用する加速器では、衝突に耐えられる標的としてタングステン(以下Wと示す)の開発を進めている。Wは、高い密度、高融点といった優れた性質を持っているが、融点(3420℃)より遥かに低い再結晶温度(1200℃)に晒された後に室温で脆くなる再結晶脆化という致命的な欠点を持っている。高エネルギー加速器研究機構(KEK)では、再結晶脆化の課題を克服するために、Wの弱い粒界をナノ組織をもつ遷移金属炭化物の偏析によって強化した超耐熱高靱性Wの開発を進めている。本発表では、SATテクノロジーショーケース2020の報告以降に、産学連携で推し進めたWの高電気抵抗率化、分野融合による最先端材料開発の現状に関して報告する。

■ 活動内容

1. 超耐熱高靱性W

KEKでは、金属技研(株)、(株)サンリックとの共同研究の元、室温で延性を示し、高い破壊強度(2.7 GPa以上)を持ち、再結晶脆化しない超耐熱高靱性Wの開発を進めてきた。また、半導体製造用の超高温ヒータや露光装置のランプなどの産業用途への採用の可能性を追求してきた。

2. 高電気抵抗率W

超耐熱高靱性Wを真空中の超高温ヒータとして採用する場合に、従来のフィラメント型よりも薄板にスリットを入れた板型ヒータの方が均一な加熱と高強度化を実現しやすい。一方で、Wはもともと電気抵抗率が低い上に、板型ヒータの場合は、断面積が大きくなるため、より大電流が必要となり、配線や電源が大型化する傾向にあった。そのため、本連携体では、Wの高電気抵抗率化を目指した開発を進めてきた。これまでも、レニウムを固溶させることによって電気抵抗率を上昇させる例もあったが、レアメタルであるレニウムを多量に固溶させないと十分な効果が得られなかった。本連携体では、わずか1重量%のレニウムを固溶させることによって20重量%のレニウムと同様の上昇率を達成できることを見出し、知財申請を完了している。現在、高電気抵抗率化に向けた加熱試験を進めている。

3. 分野融合による研究体制の強化

超耐熱高靱性Wと高電気抵抗率Wの高性能化、さらに両方の性質を兼ね備えたタングステン合金を実現すべく、従来の開発環境に加え、最先端評価技術、計算機科学による研究体制の強化のために、MIRAI-DX(分子研、九州工大)、愛媛大、応用科研、原子力機構、核融合研などの国内研究機関や欧州CERN、米国フェルミ国立加速器研究所などの海外の研究機関とも共同研究を進めている。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

[1] 特願2021-154014

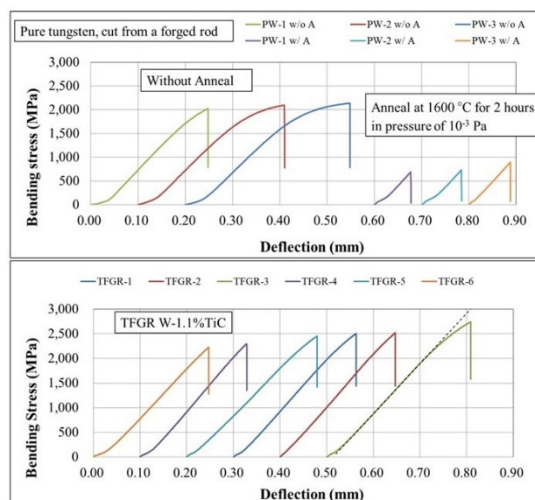
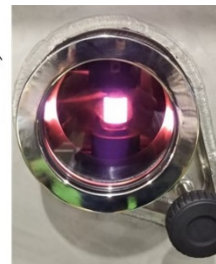
発明の名称:「W合金及びその製造方法」

発明者:牧村俊助(KEK)、栗下裕明(KEK)、鄭憲採(金属技研)、新倉高一(金属技研)

発明の概要:高電気抵抗率を有するW合金の製造方法に関する特許申請。

[2] S. Makimura et al., “Development of Toughened, Fine Grained, Recrystallized W-1.1%TiC”, Materials Science Forum, vol. 1024, p103-109 (2021), ISSN: 1662-9752

超耐熱高靱性Wの焼結(右)純Wの1600℃加熱前後の曲げ試験結果。純Wでは加熱によって大幅に強度が低下し、延性も失う(下の上)。超耐熱高靱性Wでは、1650℃加熱後も高い強度と延性を示す(下の下)[2]。



代表発表者 牧村 俊助(まきむら しゅんすけ)
所 属 高エネルギー加速器研究機構
素粒子原子核研究所
J-PARC 素核 Div.・ハドロンセクション兼務
問合せ先 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1
〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方 203 KEK 東海
TEL:029-284-4723 029-864-5200 (4723)
FAX:029-284-4832
shunsuke.makimura@kek.jp

■キーワード: (1)タングステン
(2)再結晶脆化の解決
(3)高電気抵抗率化

■共同研究者:
(KEK 素核研・J-PARC ハドロン S) 栗下裕明
(九州工業大学) 河野翔也
(自然科学研究機構分子科学研究所) 湊丈俊
(金属技研株式会社) 新倉高一
(サンリック株式会社) 猪爪正志