

再結晶脆化しない超耐熱高靱性タングステン

SATテクノロジー・ショーケース2020

■ はじめに

産業革命の1900年代初頭に、炭鉱では暗闇を照らすオイルランプによって粉塵爆発や火災が頻発していました。やがて、火を利用しないタングステンフィラメントを用いた電球が発明され、現代に至る100年に渡って主役の座を担ってきました。現在は、LEDに主役を奪われつつありますが、当時は世界から夜を無くしたと言われるほどの衝撃だったそうです。

高エネルギー加速器研究機構(KEK)と日本原子力研究開発機構が共同で推進するJ-PARCでは高エネルギーに加速した陽子を標的材料に衝突させ、発生する二次粒子を用いた物理実験を展開しています。タングステンは、高い融点(3420℃)と高い密度(19.25 g/cc)を持っているため標的材として期待されていますが、衝突によって発生する熱や衝撃で壊れない強靱なタングステン材料を開発できるかが実験の成否の鍵を握っています。

タングステンは、本来、脆い材料なので衝撃で壊れてしまいます。その欠点を解決するために高温で延ばす圧延工程によって組織を改良し、衝撃で壊れにくい延びる性質(延性)にするとともに強度向上を行います。しかし、この場合、1~2 mm程度の薄い板や線材にしか効果を示さない上に、融点よりもずっと低い温度(1200℃程度)で、改良の効果が失われて脆くなってしまい、強度も低下します。この現象を再結晶脆化と呼び、タングステンの致命的な欠点として知られています。

東北大学で栗下らによって開発された超耐熱高靱性タングステンは、室温で延性を示し、高い破壊強度(3 GPa以上)を持ち、再結晶脆化しません。さらに10mmよりも厚い板も製造可能です。しかし、この理想とも思われる材料の製造技術は栗下の定年退職によって存亡の機に立たされていました。KEKと金属技研株式会社は、2016年より、この圧倒的な性能を持つ超耐熱高靱性タングステンの製造技術を引き継ぎ、加速器標的だけでなく、産業へ応用し、新たな産業革命を起こす事を目指しています。図1に本開発の概要・目的を示します。

■ 活動内容

1. 超耐熱高靱性タングステンの再現

中小企業向け設備補助金の獲得、栗下の指導によって既に製造環境は整備されつつあり、超耐熱高靱性タングステンの再現に成功しました。

2. 超耐熱高靱性タングステンの高性能化

科学研究費補助金基盤B(一般)の支援を受け、愛媛大

学・核融合科学研究所などの国内大学・研究機関との共同研究、欧州CERN研究所などの海外研究機関との共同研究で更なる高性能化を目指しています。

3. 超耐熱高靱性タングステンの産業への応用

現段階では、超耐熱高靱性タングステンは、小さな試料(直径20mm、厚み3mm程度)を少量しか製造できません。KEK寄附金事業の支援によって市場調査・関連特許の調査を行いました。戦略的基盤技術高度化支援事業(経産省)の支援を受け、製造可能寸法の大規模化・大量生産へ向けた技術開発を進めております。産業応用の例として有機ELディスプレイ製造装置のヒーター材への応用開発を進めています。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

●特許5920793(特願2013-526892)「遷移金属炭化物入り合金の製造方法、遷移金属炭化物入りタングステン合金及び前記製造方法により製造された合金」、発明者:栗下ら、被承継人:KEK(東北大より権利移譲)

●「魔の川を渡り切れ! 高靱性タングステン W-TiC 開発中」牧村ら、KEK 物構研トピックス 2018年11月

●「大強度陽子加速器標的材・遮へい体として 期待されるタングステン」牧村ら、プラズマ核融合学会誌 95(8) 365-369



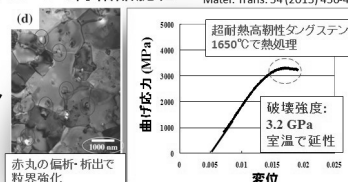
1900年初期・産業革命:夜を昼に変える革命電球のフィラメント:タングステン

- 利点:高融点(3420℃)、高密度(19.2 g/cc)
- 欠点:脆い、圧延などによって改善しても1200℃で再結晶脆化

Mater. Trans. 54 (2013) 456-465.

最先端加速器技術~
超耐熱高靱性タングステン

- 室温で延性
- 高強度(3 GPa以上)
- 再結晶脆化しない



新たな産業革命を目指す
例:有機EL製造装置のヒーター
アルミ蒸着用ボートなど

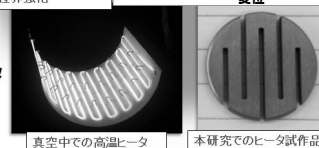


図1、本開発の概要・目的

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)超耐熱高靱性材料

■共同研究者:
(KEK 素核研・J-PARC 素核 Div.ハドロン Sc.)
栗下裕明、三原智
(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