

# 针对未来 CFETR 钨基材料的湿化学法制备技术与应用基础研究进展

吴玉程<sup>1,2</sup>

1. 有色金属材料与加工技术国家地方联合工程研究中心, 合肥工业大学, 安徽  
合肥 230009

2. 新材料界面科学与工程教育部重点实验室, 太原理工大学, 山西 太原  
030024

**摘要:** 钨以其高熔点, 高导热, 高温强度, 低溅射, 不与氢同位素发生化学反应及氢滞留极低等特性被视为是最具应用前景的面对等离子体候选材料。本研究围绕我国聚变工程实验堆发展的重大需求, 针对可作为偏滤器用面向等离子材料的高性能钨基材料制备技术及性能优化等问题开展了应用基础研究, 在稀土氧化物第二相弥散强化钨基材料的粉体成分设计、粉体的前驱体制备、烧结工艺改进钨基材料性能方面提出了新的概念和方法, 并获得了大尺寸试样。

研究采用自制超声反应釜设备和连续还原炉 (单次 50 公斤), 获得了纳米级稀土和碳化物掺杂钨基复合粉体的批量生产技术, 复合粉体尺寸在 30~2000 nm 范围内可控, 稀土氧化物掺杂粉体质量可控, 每批粉体的质量基本无差异。经过冷等静压技术结合传统烧结获得了  $25 \times 25 \times 2.5 \text{cm}^3$  的块体材料, 烧结体的相对密度大于 98%, 第二相均匀分布于钨晶界和晶体内部, 晶粒尺寸为 0.5~2  $\mu\text{m}$ , 并攻克了化学法掺杂纳米颗粒易团聚等技术难题。W-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 块体材料经 50% 塑性变形处理后, 密度值大于 19.0 g/cm<sup>3</sup>, 相对密度大于 99.9%, 采用 ITER 要求四点弯实验获得轧制后 W-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 复合材料韧脆转变温度低于 100°C, 采用厦门钨业集团的钨标样作为参比样品对 W-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 复合材料热导率进行测试, 显示材料在室温-1100K 保持高热导率, 均明显高于 ITER 钨要求。对制备出的大尺寸 W-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 复

合材料进行模拟边界局域模（ELMs）式的热冲击实验，其塑性变形的能量密度阈值为 0.33~0.44 GW/m<sup>2</sup> 之间。Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的加入可降低烧结坯的晶粒尺寸，显著降低钨材料在高温下的再结晶速度，尤其在再结晶的初期阶段硬度退化率大幅降低；此外，从显微组织演化过程中也发现了 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的引入对再结晶过程具有明显的影响。

**关键词：**湿化学法；W-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 复合材料；显微结构；力学性能；热负荷性能

报告人：吴玉程，教授，博士生导师，太原理工大学党委书记；主要从事粉末冶金与能源材料研究；电话：0551-62905150；E-mail: ycwu@hfut.edu.cn;