

氚增殖包层材料的制备与腐蚀性研究

汪卫华^{1, 2*}, 江海燕³, 储德林¹, 芦伟¹, 杨锦宏¹, 贺胜男¹¹安徽大学 物质科学与信息技术研究院, 合肥 230601²中国人民解放军陆军炮兵防空兵学院, 合肥 230601³合肥工业大学 电子科学与应用物理学院, 合肥 230031

Email: whwang@ipp. ac. cn

摘要: 本课题组长期从事聚变堆设计与包层关键技术研发。固态球床包层方面, 由于 Li_2TiO_3 具有化学性质稳定, 机械强度大, 携锂量较高等优点, 成为 CFETR 首选材料之一。基于目前固态包层的设计和氚提取工艺, 增殖材料需要首先制成一定直径的均匀小球, 以期提高氚的扩散和释放、方便装卸及回收再生^[1]。课题组开发出一种新型的高球型度陶瓷小球的制备方法——聚合物辅助沉降法, 以微米级陶瓷粉体为原料, 在配制陶瓷浆料时添加有机单体, 在粘性液体中采用沉降法得到球形的陶瓷浆料液滴, 液滴含有的有机单体在沉降过程中受热聚合使液滴转化为小球预制体, 最后通过烧结得到高球型度的陶瓷小球。通过优化工艺流程和烧结制度, 制备的小球具有较高的抗压载荷和球型度, 均匀的粒径和孔隙率^[2]。该方法小球预制体制备条件温和, 在沉降过程中同时完成成球和固化两个过程, 简化了净化和转移工艺, 同时得到的产物球型度高、粒径均匀, 机械强度高, 便于工业化生产。此外, 课题组还初步研究了 $\text{Li}_2\text{Be}_2\text{O}_3$ 材料并进行增殖体小球的制备, 中子物理计算表明可同时增殖中子和氚, 使包层有限空间内增殖剂利用效率得到极大地提高^[3]。

液态包层方面, 课题组系统地进行了液态锂和铅锂合金与结构金属材料的高温动态和静态腐蚀性研究。采用化学反应热力学研究液态锂及锂铅与结构和涂层材料热力学稳定性, 判断可能发生的腐蚀反应, 继而通过高温液态金属静态腐蚀实验从化学反应动力学角度加以确认, 找到适宜的金属结构材料和抗蚀涂层材料。由于在液态包层中, 液态金属时刻处于流动状态, 一方面其表面不断更新并且保持较高的反应活性, 另一方面流速带来的物理冲刷溶解腐蚀不可忽视。因此, 课题组设计了高温液态金属旋转腐蚀装置, 模拟液态包层中铅锂的流动工况, 在液态包层运行温度 (500°C) 下研究流速和腐蚀时间对结构材料腐蚀行为的影响, 开展结构钢材及其焊缝在液态金属中的持续流动腐蚀实验, 对样品表面形貌开展观测并分析腐蚀机理。

关键词: 聚变堆; 氚增殖; 包层; 球床; 液态铅锂

参考文献

- [1] Lu W, Wang J, Pu W, Li K, Ma S, Wang W. Sol-gel synthesis of lithium metatitanate as tritium breeding material under different sintering conditions, *J. Nucl. Mater.*, 2018,502:349-355.
- [2] Lu W, Pu W, Chu D, Yang J, He S, Li K, Wang W. Fabrication and characteristics of lithium metatitanate tritium breeder via polymer-assisted sedimentation method under different sintering conditions, *J. Nucl. Mater.*, 2019,524:218-225.
- [3] Hoshino T, Oikawa F, Natori Y, Kato K, Sakka T, Nakamura M, Tatenuma K. Trial synthesis of $\text{Li}_2\text{Be}_2\text{O}_3$ for high-functional tritium breeders, *Fusion Eng. Des.*, 2013,88:2268-2271.
- [4] Lu W., Wang J., Pu W., Li K., Wang W., He S., Chu D., Yang J., Zhu Y. Corrosion resistance of ceramic candidates for tritium permeation barriers exposed to molten lithium, *Corros. Sci.*, 2019,160:108172.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (NO. 51576208, 11704411), 国家磁约束核聚变能发展研究专项 (NO. 2018YFE0310400)