



当前栏目: [中心首页](#) > [腐蚀基础与前沿研究部](#) > [核电材料腐蚀课题组](#) > [研究成果](#)

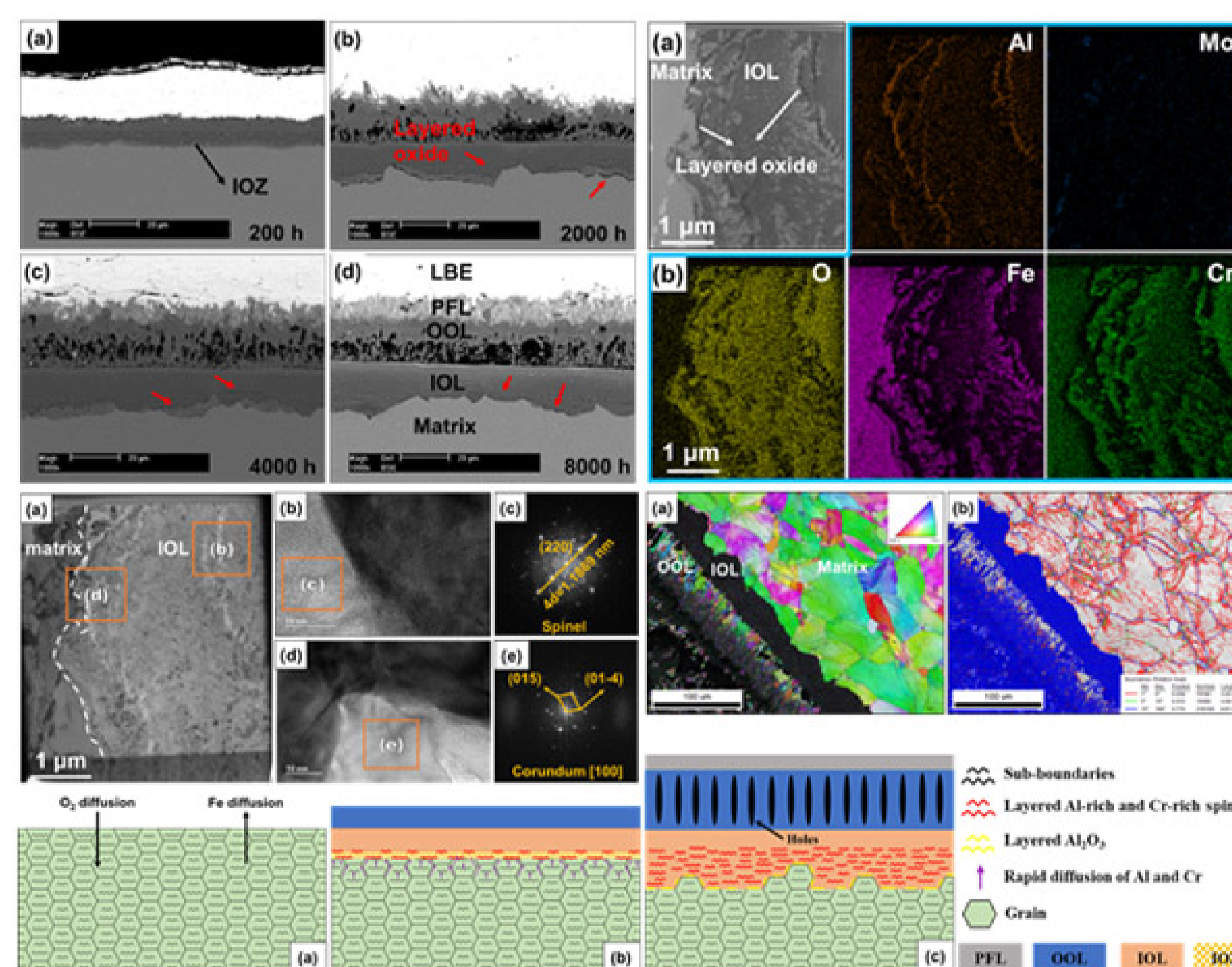
[返回首页](#)

## 燃料包壳材料高温液态铅铋腐蚀行为研究

2023-01-13 | [【大】](#) [【中】](#) [【小】](#) [【打印】](#) [【关闭】](#)

铅冷快堆 (LFR) 是最具有应用前景的第四代核反应堆。然而目前燃料包壳材料与冷却剂铅铋共晶 (LBE) 之间的相容性问题仍是制约LFR发展和应用的关键问题之一。提高材料的耐LBE腐蚀性能主要有两种途径: 优化液态LBE中的氧浓度; 在合金中添加Al和Si等能生成保护性氧化膜的元素。FeCrAl合金在腐蚀性环境中表面能够生成具有保护性的 $Al_2O_3$ , 是LFR包壳的候选材料之一。因此, 研究FeCrAl合金在高温液态LBE中的腐蚀行为有重要意义。

中科院金属所核电材料腐蚀课题组在中国科学院青年创新促进会 (2021189) 和中国科学院金属研究所创新基金 (2021-PY01) 的共同支持下, 研究了两种燃料包壳材料 (FeCrAl和FeCrAl-Y合金) 在550°C饱和氧液态LBE环境中长期浸泡 (0~8000 h) 的腐蚀行为及损伤机理。发现Y (0.015 wt.%) 对合金的耐LBE腐蚀性能几乎无影响, FeCrAl和FeCrAl-Y合金拥有相似的腐蚀行为。FeCrAl合金表面形成了由铁铅复合氧化物层 (PFL)、 $Fe_3O_4$ 层 (OOL) 和Fe-Cr-Al尖晶石层 (IOL) 组成的三层氧化膜。Fe向外扩散促进了PFL和OOL的生长, O向内扩散促进了IOL的生长。发现在0~4000 h, 氧化膜厚度随时间的增加而增加, 之后 (4000~8000 h) 氧化膜厚度保持稳定, 归因于4000 h时氧化膜/基体 (O/M) 界面处形成了一层连续而稳定的 $Al_2O_3$ 保护膜。此外, 在IOL中生成了大量层状的富Al和富Cr的尖晶石氧化物, 且层状氧化物的数量随浸泡时间的变化趋势和氧化膜厚度的变化趋势一致, 原因是低氧浓度下, FeCrAl合金中大量的晶界和亚晶界 (GBs) 为Al和Cr在基体中的短程扩散提供了快速通道, 使其在GBs处富集并被氧化形成了层状富Al和富Cr的尖晶石氧化物。因此, 氧化膜中生成的层状富Al、富Cr尖晶石和 $Al_2O_3$ 是提高FeCrAl合金耐LBE腐蚀性能的关键。相关研究结果已发表于Corrosion Science, 209, 2022, 110767。



FeCrAl合金在饱和氧液态LBE中浸泡不同时间后的氧化膜截面形貌; FeCrAl合金在浸泡8000 h后氧化膜截面EBSD分析; FeCrAl合金在浸泡2000 h后氧化膜截面TEM分析; FeCrAl合金在饱和氧液态LBE中的腐蚀机理示意图