



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](#)

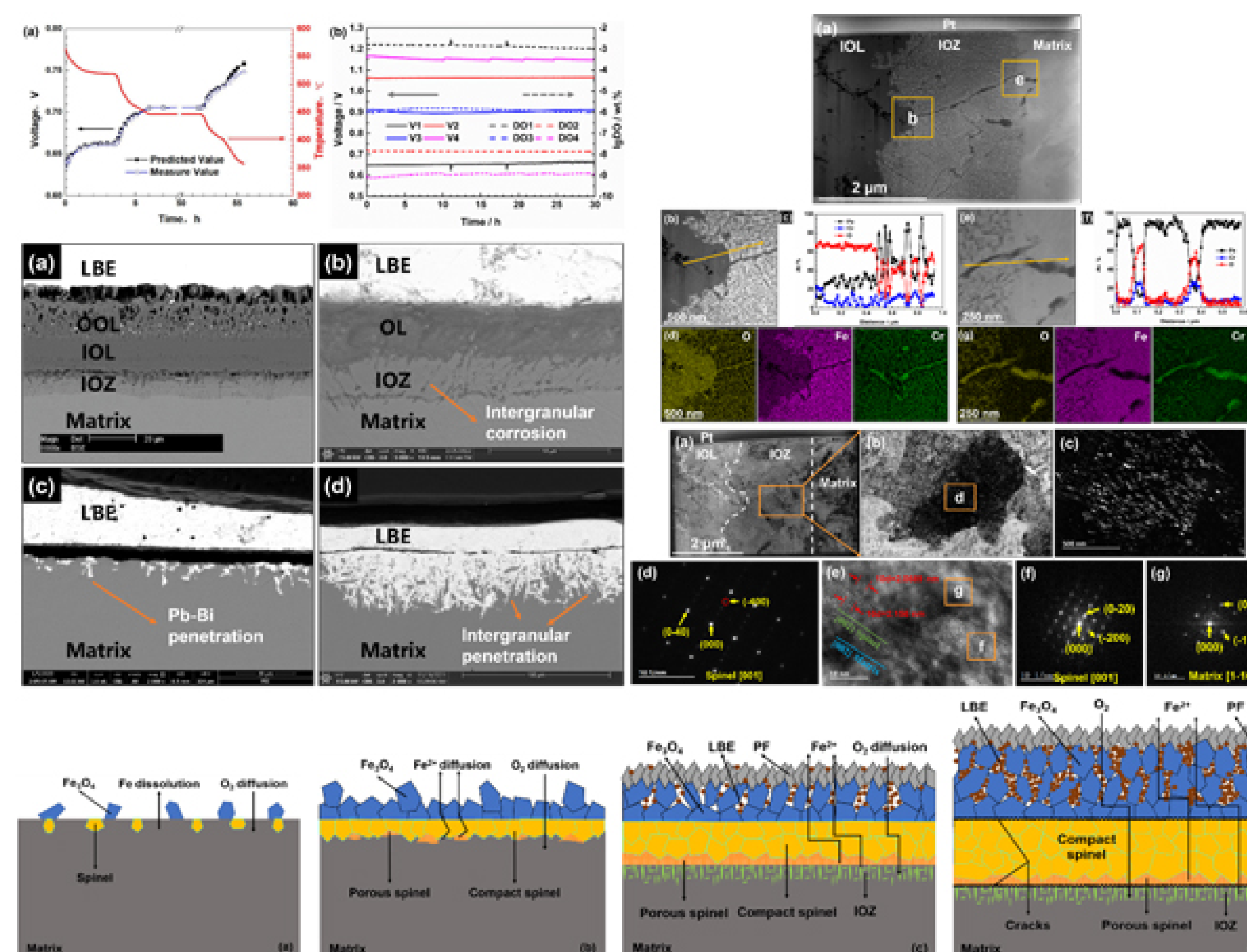
[回到首页](#)

燃料包壳材料高温控氧液态铅铋腐蚀行为研究

2022-06-28 | [【大中小】](#) [【打印】](#) [【关闭】](#)

以铅铋共晶 (LBE) 为冷却剂的铅冷快堆 (LFR), 由于其较高的安全性、经济性、核燃料增殖能力以及可嬗变放射性核素等优点, 是最具有应用前景的第四代核反应堆堆型之一, 而燃料包壳材料与环境的相容性是限制LFR发展与应用的关键问题之一。溶解与氧化是燃料包壳材料发生液态LBE腐蚀的主要形式, 合理控制液态LBE环境中的溶解氧浓度是提高其环境相容性的关键。

课题组在中科院青年创新促进会 (20211189) 和中国科学院金属研究所创新基金 (2021-PY01) 的共同支持下, 研发了适用于液态LBE环境中的溶解氧电极及控氧系统, 研究了550°C下液态LBE环境中浸泡时间 (0~8000 h) 和氧浓度 (饱和氧~ 1.12×10^{-9} wt.%) 对燃料包壳材料—T91钢腐蚀行为的影响规律及相应的腐蚀机理, 发现在饱和氧液态LBE中T91钢表面形成了由铁铅复合氧化物层 (PF)、 Fe_3O_4 层 (OOL)、Fe-Cr尖晶石层 (IOL) 和内氧化区 (IOZ) 组成的四层氧化膜。IOZ是由基体和与基体有一定取向关系的 $FeCr_2O_4$ 组成。总氧化膜、OOL和IOL厚度随时间遵循幂函数规律 ($T=At^B$)。Fe向外扩散与氧反应促进了PF和OOL的生长; 氧向内扩散与基体反应生成Fe-Cr尖晶石, 促进IOL的生长。IOZ的形成归因于氧化物/基体界面处的氧浓度太低而无法使基体完全氧化, 发生了Cr的选择性氧化。此外, 由于Fe向外扩散的速度大于氧向内扩散的速度, 导致在IOL和IOZ界面处形成了多孔尖晶石带。氧浓度的降低可以显著降低T91钢的腐蚀速率。在氧浓度为 1.26×10^{-6} wt.%时, T91钢表面形成由OL和IOZ组成的双层氧化膜, 其中IOL由Fe-Cr氧化物组成, IOZ由基体和沿晶界生长的富Cr氧化物组成。当O浓度低于 1.41×10^{-8} wt.%时, T91钢表面发生了溶解腐蚀, 且氧浓度越低, 溶解腐蚀越严重。不同的氧浓度对T91钢在液态LBE中的腐蚀行为影响很大, 合理调控氧浓度对于提高T91钢的耐腐蚀性能至关重要。T91钢在液态LBE中的最佳氧浓度可能在 10^{-6} wt.%附近。相关研究结果已发表于Corrosion Science, 204, 2022, 110405。



液态LBE溶解氧电极校准曲线与控氧曲线; T91钢在不同氧浓度 (饱和氧、 1.26×10^{-6} wt.%、 1.41×10^{-8} wt.%、 1.12×10^{-9} wt.%) 液态LBE中暴露1000 h后氧化膜的截面形貌; T91钢在饱和氧液态LBE中暴露200 h后形成的氧化膜的TEM分析; T91钢在饱和氧液态LBE中腐蚀机理示意图