



科研进展

科学岛团队在小型铅基堆材料腐蚀研究方面取得新进展

文章来源: 罗林 发布时间: 2022-06-17

近日, 中科院合肥研究院核能安全所姜志忠课题组在小型铅基堆材料腐蚀行为与机理研究方面取得新进展, 研究成果发表在国际腐蚀领域知名期刊Corrosion Science上, 中科院青促会会员罗林为第一作者, 姜志忠和刘静为共同通讯作者。

小型核反应堆具有功率稳定、安全可靠、结构紧凑等优点, 在海洋动力、区域供电、海水淡化等领域具有很好的应用前景。以液态铅铋合金作为主冷却剂的铅冷快堆在小型化方面具有独特的优势: 堆芯紧凑、核热传输效率高、辅助系统简单。但是由于Fe、Cr和Ni等金属元素在高温铅铋合金中具有较高的溶解度, 钢铁材料可能发生均匀的氧化腐蚀或溶解腐蚀, 同时局部区域也可能出现铅铋渗透和点蚀现象。点蚀是破坏性和隐患性最大的腐蚀形态之一, 会严重影响小型铅冷快堆的长期安全服役。

铁素体/马氏体钢(铁/马钢)是铅冷快堆的重要候选结构材料。当温度 $\geq 450^{\circ}\text{C}$ , 且氧浓度 $\geq 10^{-6}\text{wt}\%$ 时, 一般认为铁/马钢在铅铋合金中会形成氧化膜, 包括磁铁矿层、尖晶石层和内氧化层。近期研究发现铁/马钢在铅铋中腐蚀后, 氧化膜可能具有更复杂的亚结构及元素分布特性, 而这些复杂的亚结构和元素分布可能是造成铁/马钢发生点蚀的重要原因。

该工作研究了铁/马钢在氧控铅铋环境腐蚀后表面氧化膜的亚结构, 发现: 磁铁矿表面局部区域存在蜂窝状组织, 该组织由贫氧孔洞和网状枝干组成(图1)。低的氧浓度可以促进蜂窝状组织在更短的时间和更多的区域形成。随着腐蚀时间的增加, 孔洞尺寸增大、贫氧区和贫铁区面积均增大。经2000h腐蚀, 贫氧区延伸至孔洞下方的磁铁矿层和尖晶石层, 导致上述层存在大量氧空位(图2), 将诱发点蚀的形成, 并促进点蚀坑的长大。分析认为蜂窝状组织的形成可能是因为磁铁矿表面高能量的局部区域在氧浓度变得较低后发生溶解。该研究进展表明, 铁/马钢表面氧化层中蜂窝状组织的存在意味着所在区域铅铋溶解氧浓度较低, 可能诱发点蚀。为避免蜂窝状组织的形成, 有必要优化氧控系统的设计。该研究工作为小型铅冷快堆的设计提供了重要参考。

该项研究工作得到国家重点研发计划、中国科学院青年创新促进会及国家自然科学基金项目的资助。

文章链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010938X22003286>

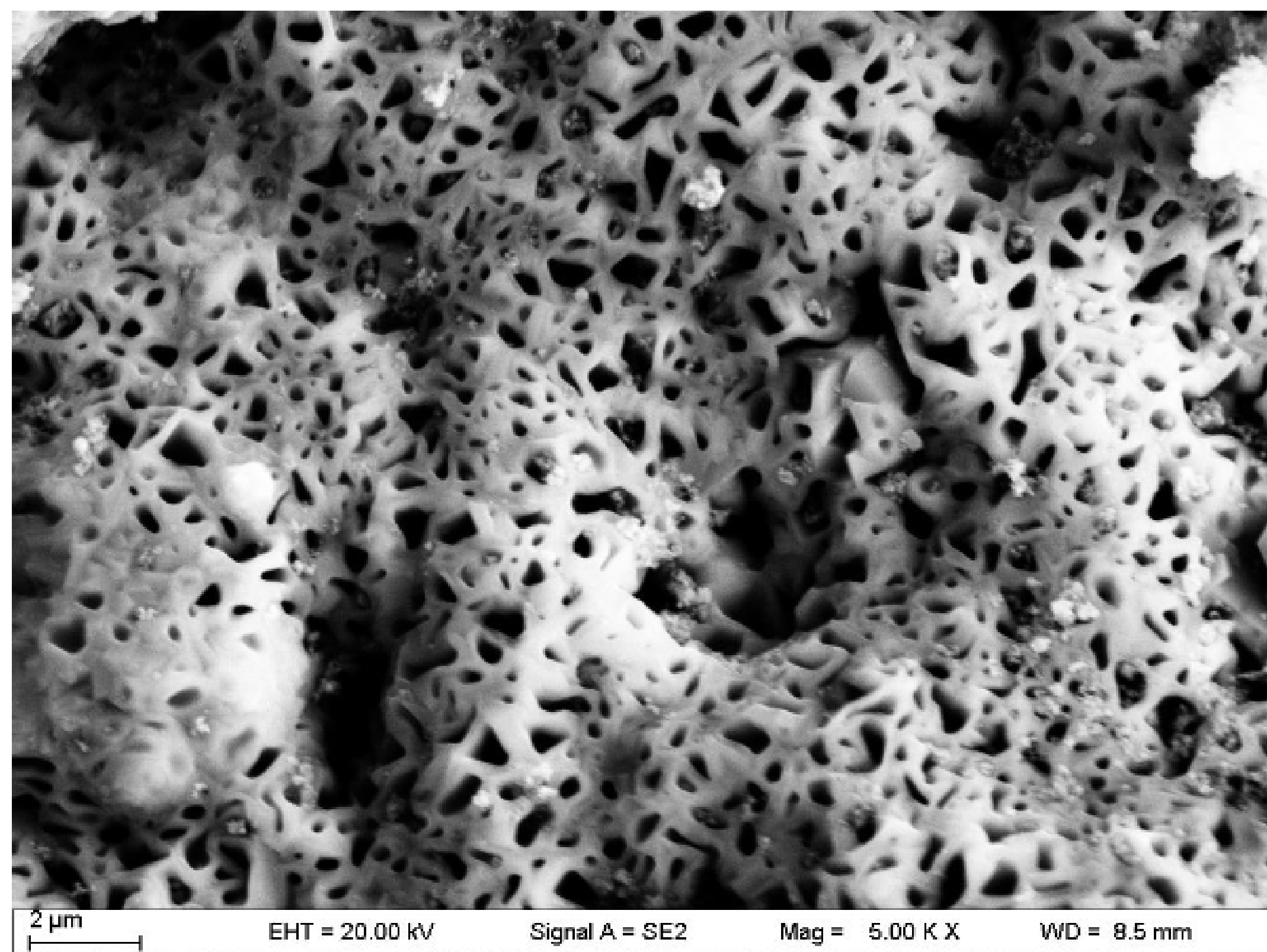


图1 铁马钢表面磁铁矿局部区域的蜂窝状组织

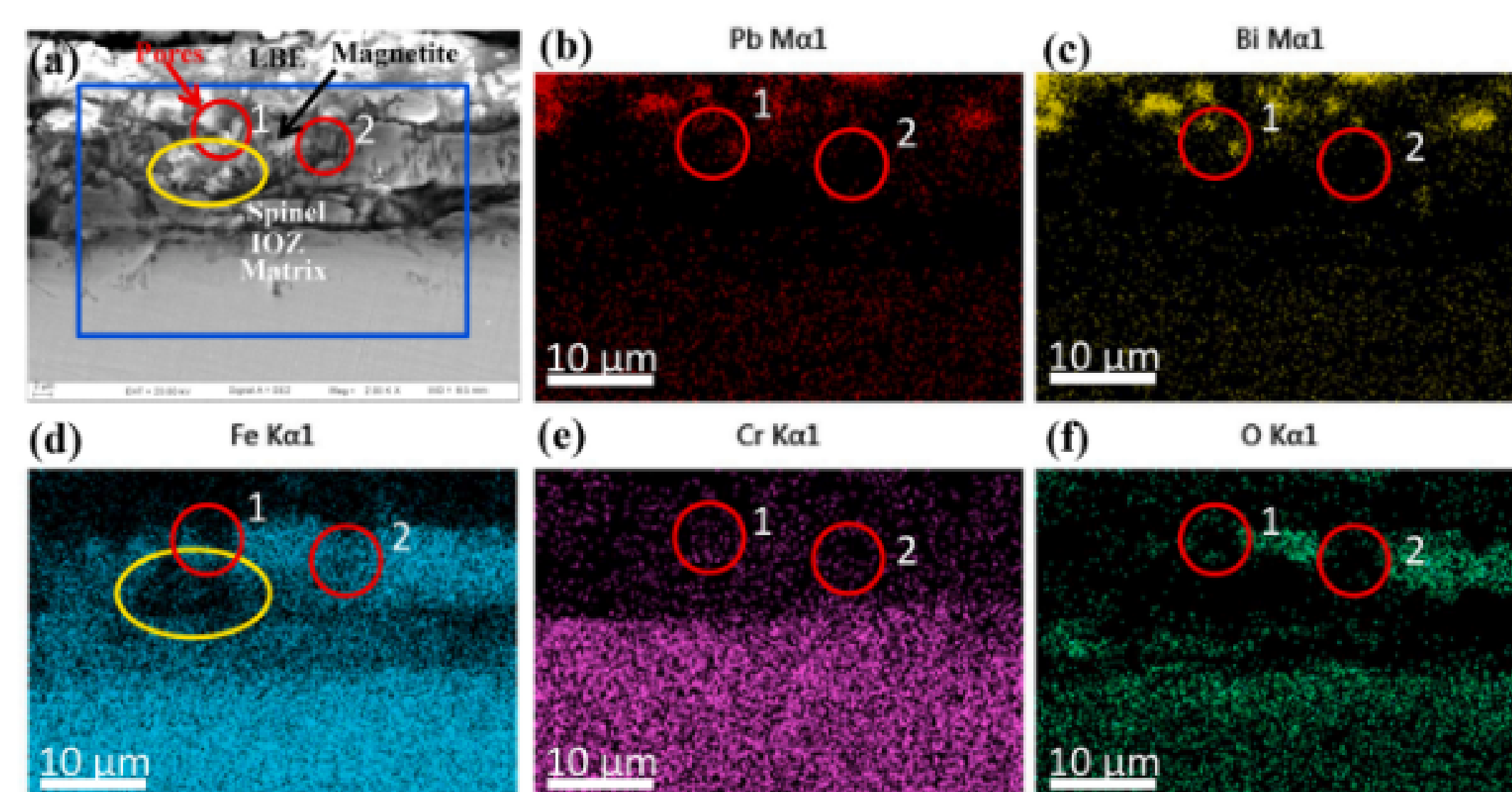


图2在 $500^{\circ}\text{C}$ 、氧浓度为 $10^{-7}\text{wt}\%$ 的铅铋中腐蚀2000小时后, 铁马钢氧化膜的截面形貌。

红色圆圈1和2是蜂窝状组织的孔洞。

科学岛报 更多



科学岛视讯 更多

