

# X80钢模拟焊接接头的可行性及其腐蚀行为

李亚东, 王晓, 钱晓, 李焰

材料科学与工程学院, 中国石油大学(华东), 山东, 青岛

**简介:** X80管线钢焊接接头因不同组成部分电化学性质的不均一性, 在服役过程中易发生局部腐蚀而失效, 引发严重的事故。本文借助COMSOL Multiphysics®软件对X80钢模拟焊接接头的电偶腐蚀行为进行了数值模拟, 并验证了模拟焊接接头方法的可行性。



Fig. 1. Corrosion of the welded joint

**计算方法:** 利用腐蚀模块中的“二次电流分布”接口和“变形几何”接口, 计算域为10 mm × 50 mm的矩形区域, 即溶液的厚度为10 mm, 焊接接头的长度为50 mm, 微电极间的绝缘间距为1 mm。除了计算域的底部之外, 边界条件是绝缘和固定的, 即溶液/钢界面设置为自由边界。采用三角形网格划分求解域, 并对电极表面的网格进行了单独细分以提高求解精度。

$$J_i = -D_i \left( \nabla c_i + \frac{z_i F}{RT} c_i \nabla \phi \right)$$

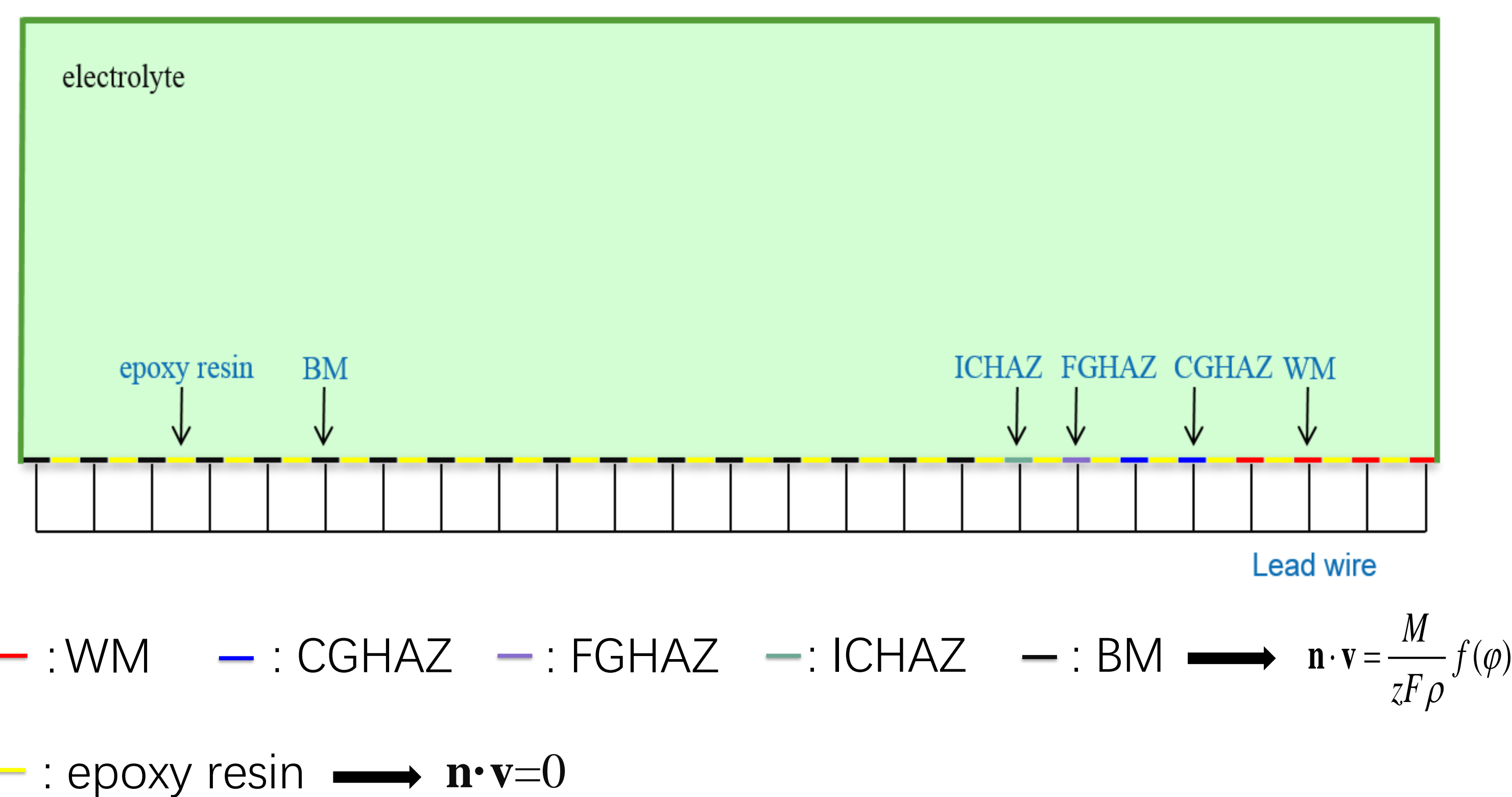


Fig. 2. The geometrical model of the X80 steel welded joint

(BM: base metal, WM: weld metal, CGHAZ: coarse-grained heat affected zone, FGHAZ: fine-grained heat affected zone, ICHAZ: intercritical heat affected zone)

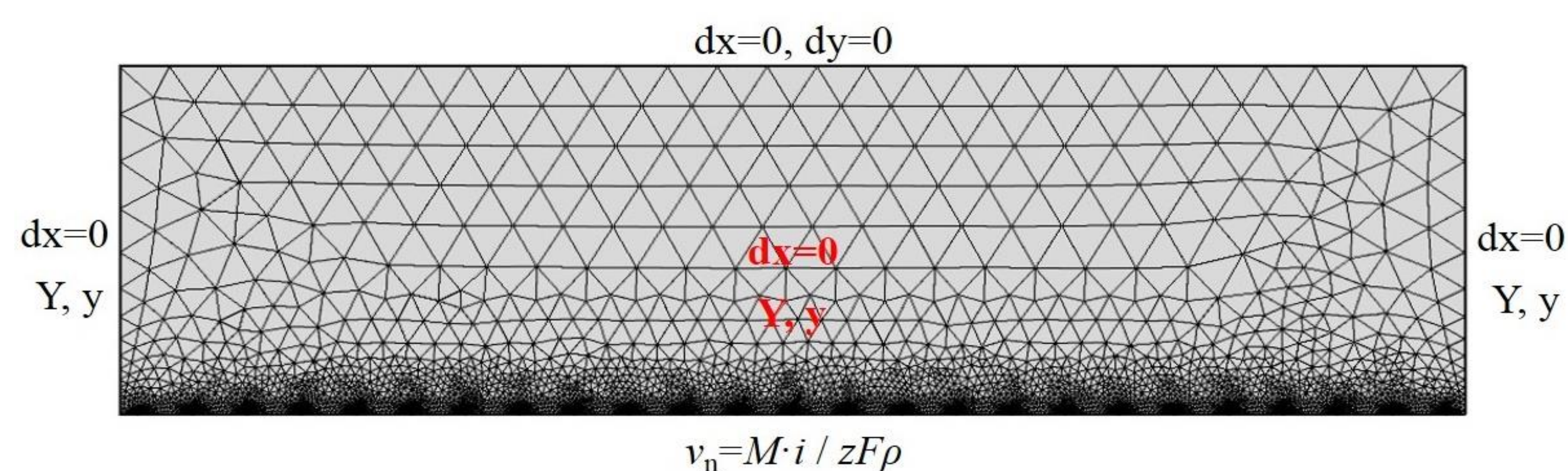


Fig. 3. Meshing of the computational domain

## 结果

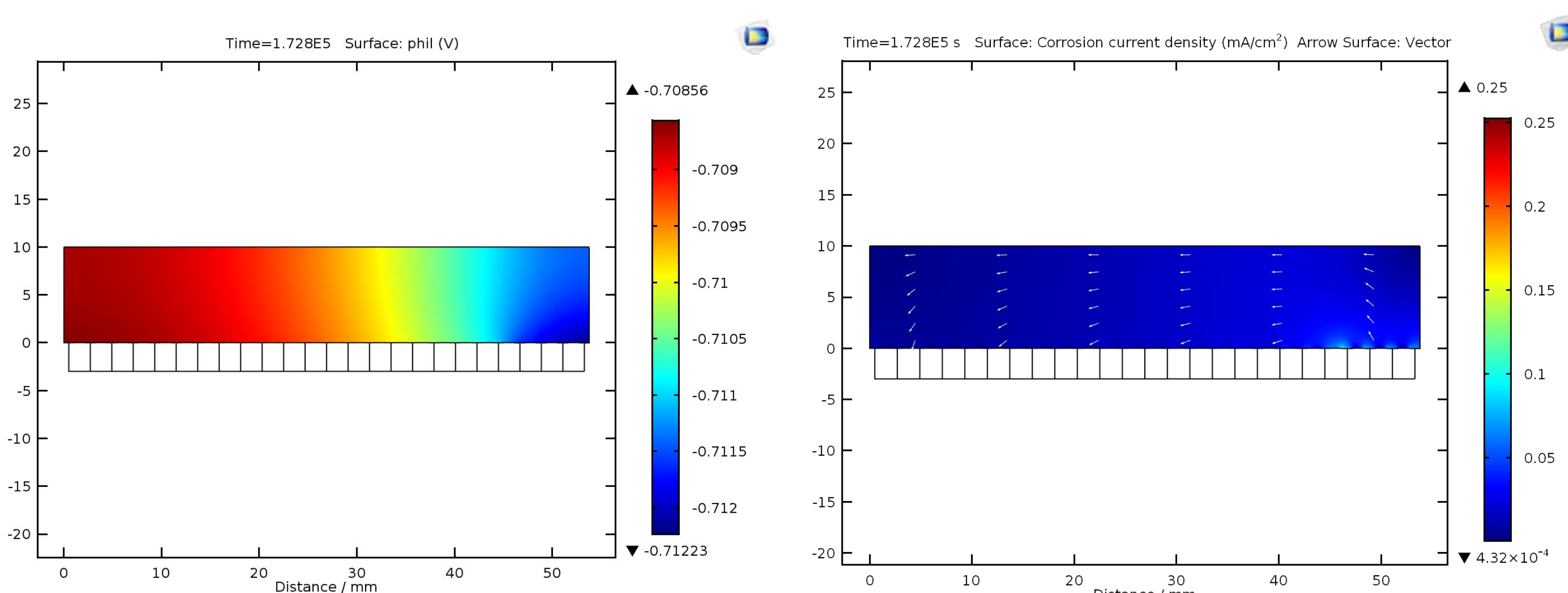


Fig. 4. Potential and current density distribution after 5 days immersion

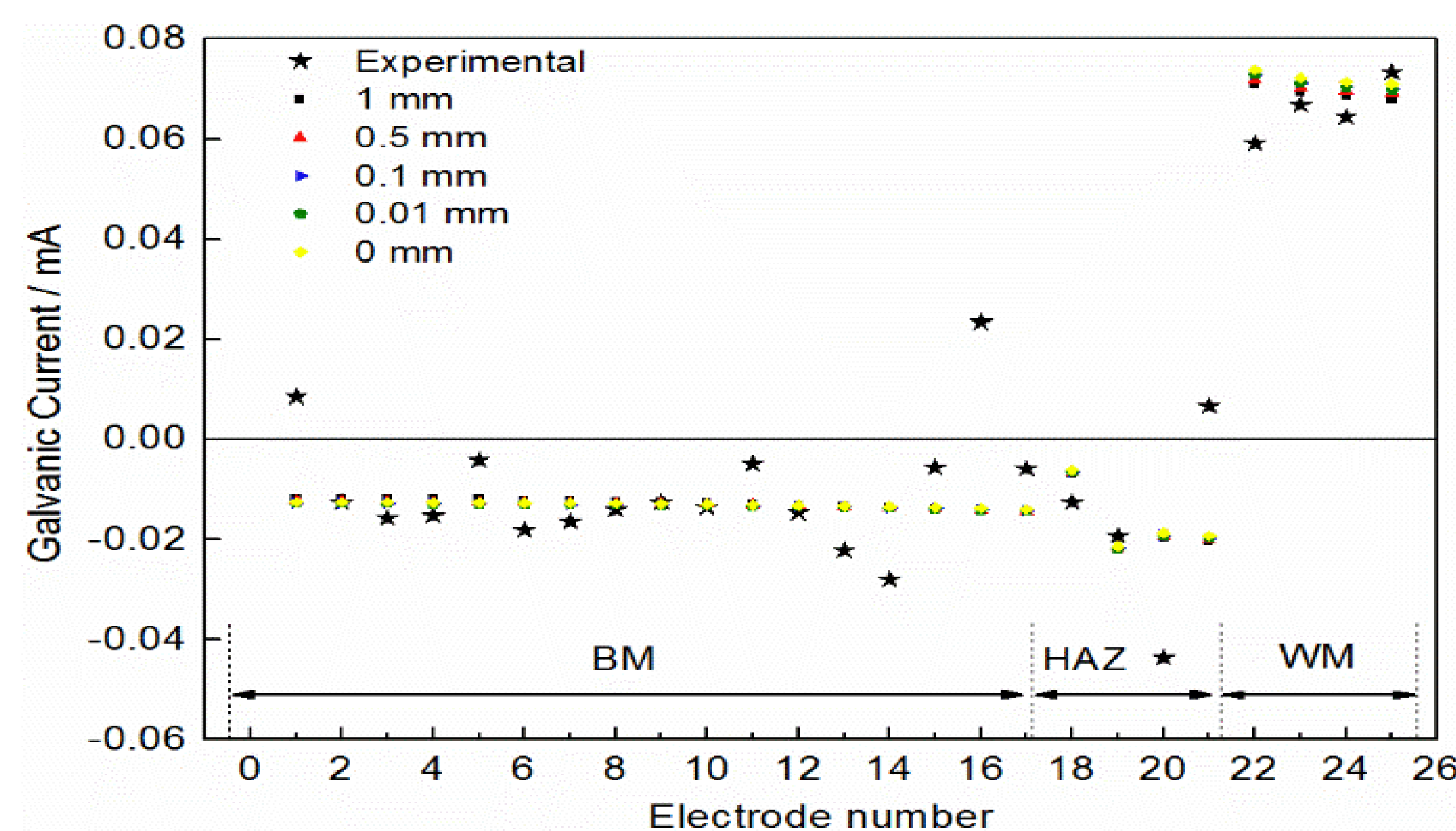


Fig. 5. Comparison of the galvanic current distribution between the experimental results and numerical simulation results

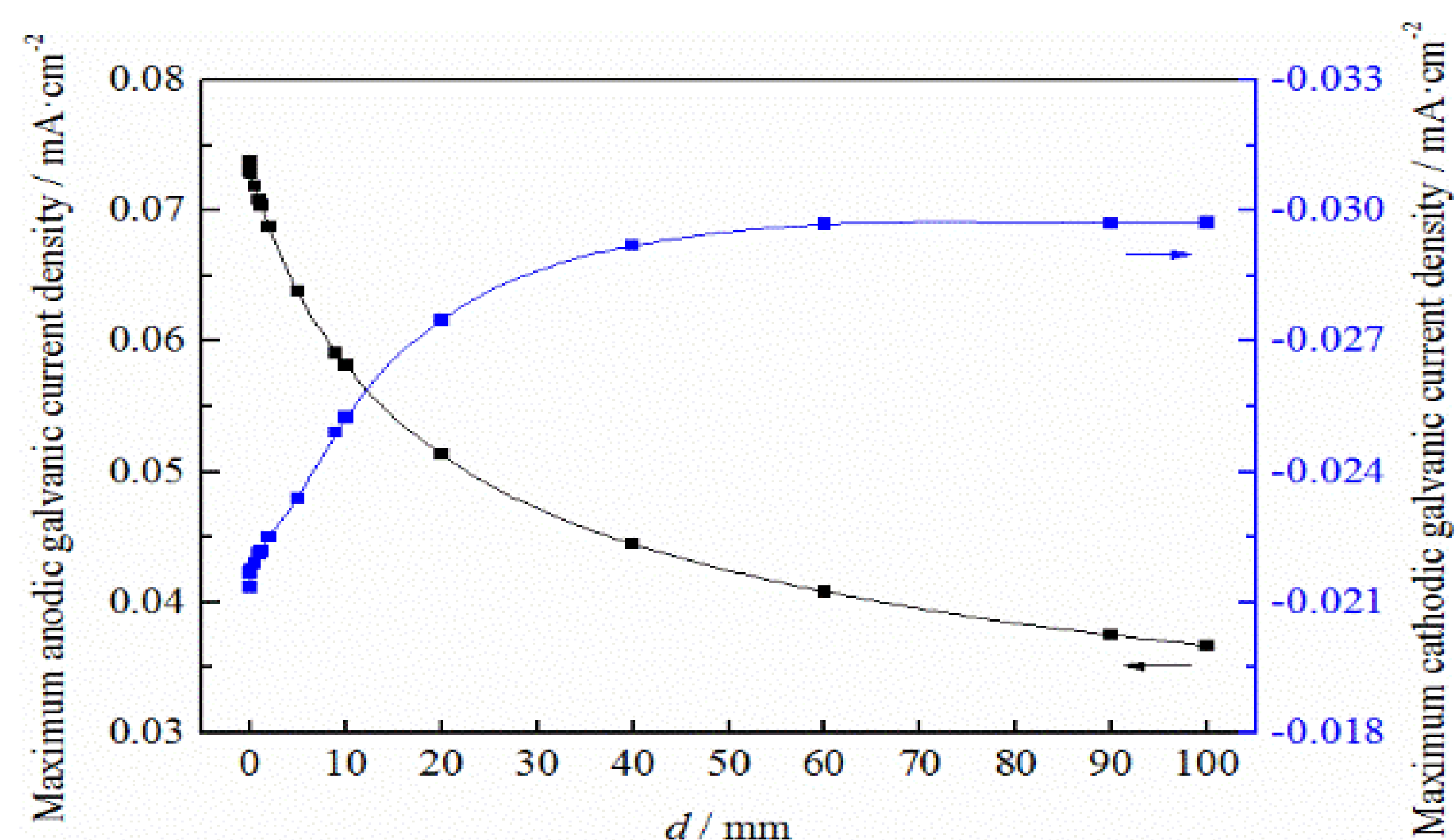


Fig. 6. Effect of the thickness of the insulating spacer between each microelectrode on the maximum galvanic current

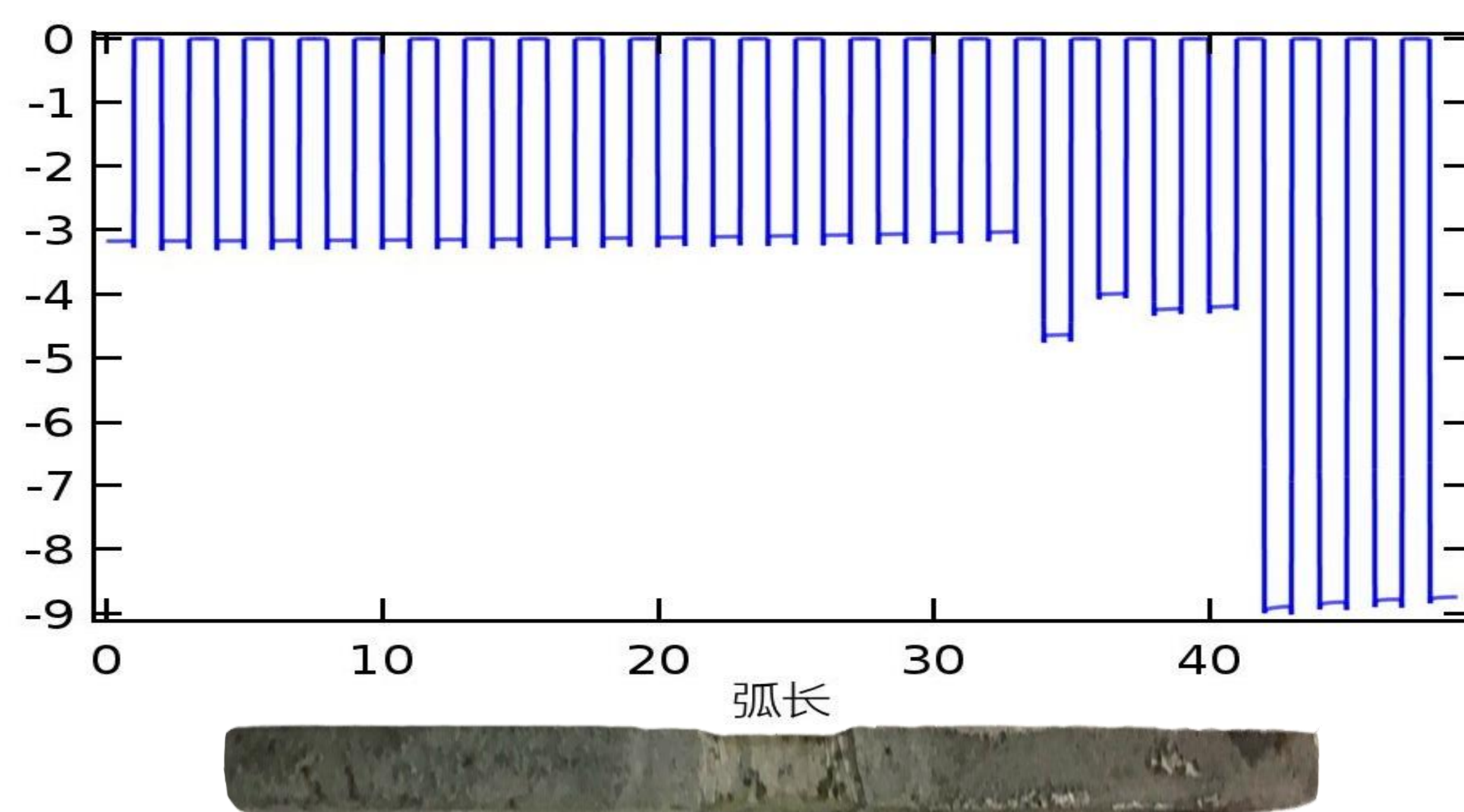


Fig. 7. Corrosion depth ( $\mu\text{m}$ ) of the X80 steel welded joint after 5 days

**结论:** 数值模拟的结果与实测结果具有较好的一致性, 模拟焊接接头与实际焊接接头得到结果的误差在可接受范围内。X80钢焊接接头中, 焊缝是最易腐蚀失效的部位, 最大阳极电偶电流密度和最大阴极电偶电流密度与电极间的绝缘间隙是非线性关系, 且具有相反的变化趋势。

## 基金资助

国家自然科学基金项目(No.41676071, No. 51979282)