

[补充信息]

7N01S-T5 铝合金厚板搅拌摩擦焊接头的晶间腐蚀行为

方振邦^{1,2}, 张志强^{1,2}, 李颖^{1,2}, 尹华³, 邢艳双⁴, 何长树^{1,2,✉}

- 1 东北大学材料科学与工程学院, 沈阳 110819
- 2 东北大学材料各向异性与织构教育部重点实验室, 沈阳 110819
- 3 中车长春轨道客车股份有限公司技术中心, 长春 130062
- 4 中车青岛四方机车车辆股份有限公司, 青岛 266111

[Supplementary Information]

Intergranular Corrosion Behavior of the Friction-stir-welded Joint of 7N01S-T5 Aluminum Alloy Plate

FANG Zhenbang^{1,2}, ZHANG Zhiqiang^{1,2}, LI Ying^{1,2}, YIN Hua³, XING Yanshuang⁴, HE Changshu^{1,2,✉}

- 1 School of Materials Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819
- 2 Key Laboratory for Anisotropy and Texture of Materials, Northeastern University, Shenyang 110819
- 3 Research & Development Center, CRRC Changchun Railway Vehicles Co. Ltd., Changchun 130062
- 4 CRRC Qingdao Sifang Locomotive Vehicle Co. Ltd., Qingdao 266111

FSW 接头微区组织特征示意图

接头各区 α -Al 基体的微观组织特征与晶界强化相粒子的形貌和分布特征是影响其腐蚀敏感性的两大关键因素。图 S1 为 FSW 接头横断面局部微观组织特征示意图。如图 S1 所示, 其中 α -Al 基体的晶界由黑实线表示, 晶界强化相粒子由红点表示(图中析出相的尺寸比例不代表粒子的真实尺寸)。可见, 横断面上母材区晶粒沿 TD 方向拉长呈饼状特征, 因此如果发生表面腐蚀, 腐蚀裂纹易平行于晶粒拉长方向沿晶扩展, 导致剥落腐蚀。但由于母材区晶界上 η 相尺寸较小且间距宽, 不易发生腐蚀, 导致母材区耐蚀性较好; 在近母材区的热影响区晶粒特征仍与母材区相同, 但晶界上 η 相受到焊接热循环的影响发生粗化, 呈连续分布, 正如前文所述, 连续分布的粗大晶界强化相粒子, 使得阳极电流增加, 加重了该区的腐蚀; 在近 TMAZ/HAZ 界面的热影响区晶粒呈等轴状且较粗大, 这种晶粒特征易发生局部沿晶腐蚀, 同样该区晶界上 η 相呈连续分布, 促进了该区的腐蚀, 因此在热影响区腐蚀最严重; 在热机影响区的晶粒沿塑性流动方向拉长, 这种拉长的晶粒会导致腐蚀微裂纹平行于拉长方向沿晶扩展, 但该区经历了较高的峰值温度, 晶界上 η 相发生了溶解, 仅残留着少量间距增大的 η 相, 孤立分布的晶界强化相在一定程度上阻碍了腐蚀的产生和发展, 因此在热机影响区发生了轻微的腐蚀; 搅拌区发生动态再结晶, 微观组织呈等轴晶特征, 这样的晶粒特征易发生沿晶腐蚀, 然而该区经历了剧烈的塑性变形和温升, 晶界上 η 相发生了明显溶解, 严重阻碍了腐蚀的产生, 所以搅拌区的耐蚀性好。

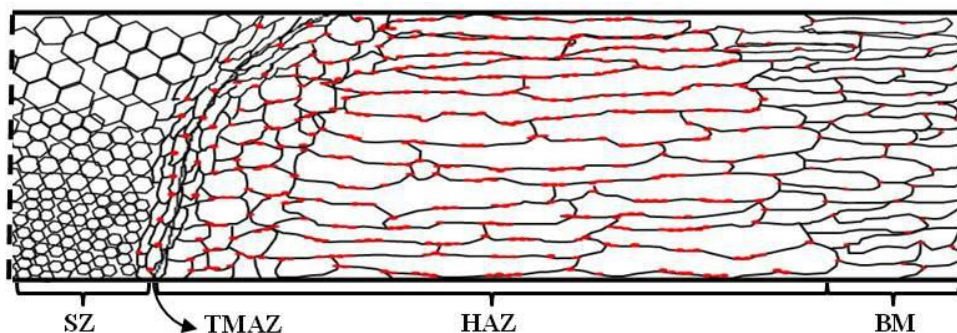


图 S1 FSW 接头局部微观组织和第二相粒子特征示意图

Fig.S1 Schematic diagram of local microstructure and second phase particle characteristics of FSW joint

接头微区电化学测试分析

图 S2 所示为 FSW 接头各区的极化曲线。母材区、搅拌区的腐蚀电位都比接头其他区高，而腐蚀电流密度比其他区小，可知，母材区、搅拌区耐蚀性较好；热机影响区的腐蚀电位较母材区和搅拌区稍低，腐蚀电流密度较母材区和搅拌区稍高，可知，热机影响区比搅拌区和母材区的耐蚀性稍差；而热影响区的腐蚀电位明显比接头其他区低，而腐蚀电流密度比其他区大得多，则可以推断，热影响区的耐蚀性比其他区差。前进侧热影响区与后退侧热影响区相比，前进侧热影响区的腐蚀电压较后退侧热影响区低，而腐蚀电流密度稍高于后退侧热影响区，可知，前进侧热影响区比后退侧热影响区耐蚀性稍差。总体来说，7N01S-T5 铝合金 FSW 接头各区的耐蚀性由高到低排列依次为：母材区≈搅拌区>热机影响区>后退侧热影响区>前进侧热影响区，与试样腐蚀形貌观察结果一致。

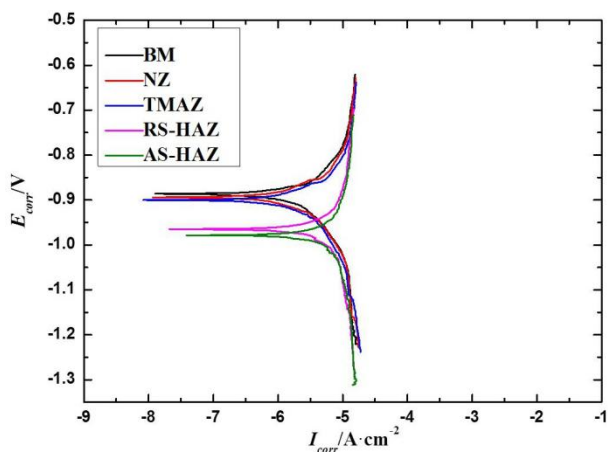


图 S2 FSW 接头各区的极化曲线

Fig.S2 Schematic diagram of polarization curves of FSW joint