

手工电弧焊常见缺陷成因及防范措施研究

李保卫、王艺博

栾川龙宇铝业有限责任公司

摘要：手工电弧焊凭借设备简便、适应性强、成本低廉的优势，广泛应用于多个工业领域，是目前应用最广泛的焊接工艺之一。其焊接质量受操作人员技能、工艺参数等多种因素影响，易产生各类缺陷，严重降低焊接接头性能，缩短工件寿命甚至引发安全事故。本文结合实际施工经验，系统分析未焊透、气孔等常见缺陷的成因，提出针对性防范措施，旨在规范操作流程、提升焊接质量稳定性，为实际施工提供理论参考和技术支撑。

关键词：手工电弧焊；焊接缺陷；成因分析；防范措施；焊接质量

1 引言

手工电弧焊通过焊条与焊件间的电弧热熔化母材和焊条，利用药皮产生的气体和熔渣保护熔池并参与冶金反应，冷却后形成焊缝实现冶金结合。该工艺操作灵活、无需复杂设备，可适应多种焊件焊接，在工业生产中地位突出。

但手工操作特性导致其焊接质量波动较大，任一环节偏差均可能产生缺陷。常见缺陷分为内部和外部两类，内部缺陷包括未焊透、气孔等，外部缺陷包括咬边、焊瘤等，这些缺陷会破坏接头连续性，降低其力学性能，易引发接头失效和安全事故，造成经济损失。

因此，深入研究手工电弧焊缺陷成因，制定科学防范措施，对提高焊接质量、降低缺陷率、保障结构安全具有重要意义。本文结合实际施工问题，详细探讨各类缺陷的成因及防范措施。

2 手工电弧焊常见缺陷及成因分析

2.1 未焊透

未焊透是常见内部缺陷，指焊接接头根部或层间未完全熔合，未形成完整冶金结

合，会显著降低接头抗拉强度和冲击韧性，是结构断裂的重要隐患。

未焊透的成因主要有四方面：一是工艺参数不合理，焊接电流过小、速度过快或电弧过长，均会导致电弧热量不足或分散，无法使接头充分熔化；二是坡口制备不合格，角度过小、钝边过厚或清理不彻底，阻碍电弧到达根部及熔池与母材结合；三是装配间隙不当，过小难以填充根部，过大易烧穿且可能导致热量分散；四是操作技能不足，运条手法、焊条角度不当，或多层焊层间清根不彻底。

2.2 气孔

气孔是常见内部缺陷，指熔池冷却时气体未及时逸出残留形成的空穴，会破坏焊缝致密性，降低接头性能并加剧腐蚀。按位置和形状可分为表面与内部气孔、圆形与链状气孔等。

气孔成因与气体来源、熔池状态及工艺参数相关：一是气体来源过多，焊条受潮、焊件表面清理不净、环境湿度大或焊条药皮失效，均会使氢气、氮气等侵入熔池；二是熔池状态不佳，电流过小、速度过快导致熔池温度低、体积小，冷却过快使气体无法逸出；三是工艺参数不合理，电弧过长或电流过大，导致保护气体覆盖不足、药皮保护不充分。

2.3 夹渣

夹渣是常见内部缺陷，指熔渣未及时上浮残留于焊缝的杂质，会破坏焊缝连续性、产生应力集中，降低接头性能并加速腐蚀，严重时导致焊缝开裂。

夹渣成因主要有三方面：一是工艺参数不合理，电流过小、速度过快或电弧过长，导致熔池温度低、熔渣流动性差，无法及时上浮；二是操作技能不足，运条不均匀、摆动幅度不足，或多层焊层间清根不彻底、焊条角度偏差，导致熔渣残留；三是焊条和母材选择不当，药皮熔点与母材差距过大，或母材杂质过多，导致熔渣难以分离或产生量过大。

2.4 咬边

咬边是常见外部缺陷，指焊缝边缘母材被烧熔后未被充分填充形成的沟槽，会减小母材有效承载面积、产生应力集中，降低接头强度并易引发腐蚀。

咬边的成因主要有三方面：一是工艺参数不合理，电流过大、电弧过长或速度过快，导致母材过度熔化且填充不及时；二是操作技能不足，运条摆动不均、边缘停留时间短，或焊条角度偏差、运条过快，导致填充不充分；三是焊条选择不当，直径与电流不匹配，电弧覆盖范围过大导致母材过度熔化。

2.5 裂纹

裂纹是最危险的内部缺陷，指焊接过程中或冷却后因应力产生的狭长形开裂，会彻底破坏接头连续性，受力后易扩展导致结构断裂，按时间和位置可分为热裂纹、冷裂纹等。

裂纹成因与应力、冶金因素及工艺参数相关：一是应力作用，焊件受热不均产生热应力，装配约束产生拘束应力，或接头存在缺陷导致应力集中，均会引发裂纹；二是冶金因素，焊缝金属有害杂质过多、氢含量高，或母材韧性差，增加裂纹敏感性；三是工艺参数不合理，电流过大、速度过快，或焊前未预热、焊后未缓冷，导致焊缝过热、冷却过快、应力无法释放。

3 手工电弧焊常见缺陷的防范措施

3.1 未焊透的防范措施

针对未焊透成因，防范措施如下：一是合理设置工艺参数，根据母材厚度等选择合适电流和速度，采用短弧焊接确保热量集中；二是规范坡口制备与清理，保证坡口角度、钝边合格，彻底清除表面杂质；三是保证装配质量，调整合适间隙，避免过小或过大；四是提升操作技能，规范运条手法和焊条角度，多层焊严格执行层间清根工艺。

3.2 气孔的防范措施

防范气孔需控制气体来源、优化熔池状态和工艺参数：一是严格控制气体来源，焊条按要求烘干后保温存放，彻底清理焊件表面，潮湿环境采取防潮措施，选用合格焊条；二是优化熔池状态，调整电流和速度，确保熔池温度、体积适中，延长气体逸出时间；三是合理设置工艺参数，采用短弧焊接，调整合适电流确保药皮保护充分。

3.3 夹渣的防范措施

夹渣防范核心是促进熔渣分离上浮：一是合理设置工艺参数，选择合适电流和速度，采用短弧焊接改善熔渣流动性，保证熔渣分离时间；二是提升操作技能，规范运条手法，多层焊彻底清根，调整合适焊条角度；三是合理选择焊条和母材，确保药皮熔点与母材匹配，选用杂质含量合格的母材。

3.4 咬边的防范措施

防范咬边需控制母材过度熔化、确保填充充分：一是合理设置工艺参数，选择合适电流，采用短弧焊接，调整速度确保填充及时；二是提升操作技能，规范运条摆动，在焊缝边缘适当停留，调整焊条角度避免偏斜；三是合理选择焊条，确保直径与电流匹配，避免电弧覆盖范围过大。

3.5 裂纹的防范措施

裂纹防范需控制应力、优化冶金成分和工艺参数：一是控制焊接应力，合理设计结构、装配和焊接顺序，焊前预热、焊后缓冷，释放内部应力；二是优化冶金成分，选用合格焊条和母材，控制有害杂质和氢含量，改善焊缝韧性；三是合理设置工艺参数，避免焊缝过热或冷却过快，控制多层焊层间温度，对厚板等易裂焊件严格执行预热缓冷工艺。

4 结语

手工电弧焊缺陷是多种因素共同作用的结果，各类缺陷机理复杂，会降低接头性能并可能引发安全事故，需高度重视缺陷防范工作。

本文通过分析常见缺陷成因，提出了针对性防范措施，核心是规范工艺参数、提升操作技能、控制材料和环境质量、加强焊前焊后处理。实际施工中，需结合焊件具体情况灵活运用防范措施，严格执行焊接规范，加强质量检验，降低缺陷发生率。

未来，可结合智能化、自动化技术优化手工电弧焊操作模式，加强新型材料和工艺研究，完善缺陷防范体系，为工业生产提供更安全高效的焊接技术支撑。

参考文献

- [1] 基于多频复合探头的钢结构焊缝超声波无损检测[J]. 徐能彬. 中国建筑金属结构, 2025(12)
- [2] 磁粉探伤技术在栈桥钢结构焊缝检测中的应用[J]. 蔡泽霖. 热处理技术与装备, 2025(03)