螺旋埋弧焊钢管焊缝缺陷返修质量控制

赵锡福

【摘要】本文针对钢管制造标准中对焊缝质量的要求，结合螺旋焊管生产过程中的焊接特点，对影响焊缝缺陷返修质量的各种因素及控制措施进行分析，减少因返修不合格造成钢管质量降级，有效提高钢管焊缝缺陷的一次返修合格率，保证钢管返修焊缝的质量满足制造标准要求。

关键词：螺旋焊管；焊缝缺陷；焊缝返修；返修工艺；工艺评定

1. 概述

在螺旋埋弧焊钢管成形焊接过程中，因设备故障、成形合缝质量不好、板宽边部铣边坡口不对称、焊接参数匹配不佳等各种原因，会造成钢管焊缝存在外观及内在的各种焊接缺陷，影响钢管的使用质量及安全性能。依据钢管GB/T9711—2011制造标准要求，存在缺陷的焊缝可以进行返修处理，且返修焊缝质量应达到钢管的合格质量标准要求 。

焊缝缺陷返修的目的是将生产过程中存在焊接缺陷的钢管通过焊工的操作返修，消除焊缝缺陷，焊出符合相关国家标准或行业技术规范所要求的焊接接头，使之成为合格的钢管。本文对螺旋焊管生产过程中存在的常见焊缝缺陷及其危害，通过对返修过程中影响焊接质量控制因素的分析，提出返修的技术措施控制要求，提高一次返修合格率，减少因返修不合格造成的钢管质量降级。

2. 螺旋埋弧焊钢管焊缝缺陷分类

焊缝缺陷是焊接生产中，在焊接接头上产生的金属不连续、不致密或连接不良的现象。螺旋埋弧焊钢管生产中，存在的焊缝缺陷分为外部缺陷和内部缺陷两大类：外部缺陷有咬边、表面气孔、烧穿、焊瘤、凹坑及焊缝成形不良等；内部缺陷有根部未焊透、根部或坡口边缘未熔合、裂纹、气孔及夹渣等。

3. 焊缝缺陷的危害

（1）焊缝外部缺陷容易引起应力集中及应力腐蚀开裂、将造成钢管使用中疲劳破坏。

（2）焊缝内部存在的气孔、夹渣缺陷减少了焊缝承载的有效截面积，降低了钢管的承载能力。

（3）裂纹、未熔合、未焊透缺陷，不仅降低焊缝的有效承载截面积，同时易形成缺口，缺口尖端产生的应力集中引起裂纹并扩展，扩展缺陷若贯穿焊缝，将造成钢管发生介质泄漏。

由于焊缝缺陷的存在影响钢管使用安全性能，这就要求钢管生产过程中采取有效措施，防止焊缝缺陷产生，同时对存在焊缝缺陷的钢管，依据标准或技术规范要求进行返修处理，使之达到合格标准要求。

4. 影响钢管焊缝缺陷返修质量的因素及技术控制措施

返修合格的钢管可以与无缺陷的合格钢管一起使用，钢管焊缝缺陷的返修质量将影响钢管的使用安全性能，如果返修质量得不到有效控制，一方面不能确保返修钢管的焊缝质量，另一方面会因为返修不合格造成钢管质量降级，产生浪费。这就要求焊工在焊缝缺陷返修中了解影响返修质量的因素，并采取有效的技术控制措施。

（1）影响焊缝返修质量的因素 ①焊工操作技能水平不能

保证钢管的返修质量要求。②焊接材料未按母材钢级材料匹配选择，使用焊条或焊剂未按工艺要求严格烘干。③焊条保温桶使用不规范，焊条使用中二次受潮，焊剂循环使用过程中没有进行二次烘干筛分，影响焊接质量。④返修中焊缝缺陷定位不准确，缺陷清除不彻底。⑤焊工未按返修补焊工艺要求进行焊接操作。

（2）控制返修质量技术措施　针对上述影响返修质量的因素，应采取如下的技术措施。

第一，焊工的操作技能水平是保证焊缝缺陷返修质量的关键因素之一，钢管制造标准及相关安全技术规范均要求返修焊工必须经过理论知识和操作技能考试合格，取得特种设备焊接作业资格证书，且须通过单位每年进行的焊工技能评定合格。

第二，编制返修焊接工艺。返修焊接工艺应按照相关标准要求进行工艺评定，返修焊工严格按照返修工艺要求进行返修焊接操作。

第三，焊缝缺陷的准确定位及定性。返修前，依据焊缝缺陷超声波检测记录及射线照相评定记录，分析确认焊缝缺陷的种类及性质，在焊缝上准确标出缺陷的具体位置及尺寸。球形气孔、夹渣注明直径；条形气孔、夹渣注明长度与宽度；链条状未焊透、未熔合、裂纹注明长度。同时判断焊缝缺陷在钢管的内、外焊位置，根据缺陷在钢管内外焊缝的位置及管径大小采取在钢管内部或外部进行返修。

第四，焊缝缺陷的清除。焊缝缺陷的清除是否彻底直接影响一次返修合格率，焊工在对缺陷的清除中应注意以下细节。

清除缺陷前，焊工应仔细查看射线底片或超声波检测记录，判断缺陷性质及位置深度，必要时与检测人员进行沟通确认。表面缺陷宜采用角向磨光机清除，可以有效地控制清除量，避免采用碳弧气刨清除缺陷时，增加角向磨光机的修磨量及焊接工作量。气孔、夹渣、根部未焊透及长度较长的缺陷宜采用碳弧气刨清除，根据已标定的焊缝缺陷位置全部清除。用碳弧气刨清除缺陷时，每次清除层厚度易控制在2mm之内，避免一次清除量大将缺陷已清除而没有发现继续清除缺陷，造成焊缝返修量加大。

控制缺陷清除刨槽形状及尺寸，刨槽长度依据已标注的缺陷长度尺寸确定，在清除中至少向缺陷两端各延长20mm，刨槽两端的斜度应与原有焊缝平滑过度。间隔小于100mm的多个缺陷清除时，应将刨槽连接在一起当做一个连续的单个缺陷进行返修；若刨槽深度不同，各刨槽间应有缓坡过度。单个缺陷清除长度应大于50mm，确保焊接时有足够的起弧和收弧距离。

对于技术规范要求管体不允许补焊的钢管，缺陷清除凹坑边缘扩展到母材金属的距离不超过标准要求的3.2mm。

第五，返修前检查焊接设备处于完好状态，清除返修坡口及两侧20mm范围内油污、水、锈蚀等杂物。了解返修工艺卡的技术要求。

第六，焊条或焊剂按工艺要求烘干，焊条累计烘干次数不宜超过2次，正确使用焊条保温桶，焊条随用随取，一次取出量不宜超过4根。焊工在使用保温桶时经常存在不规范现象：一是保温桶没有接通电源；二是取用焊条时保温桶盖不及时关闭，焊条冷却受潮；三是焊条一次取出量大，不能一次用完，剩余焊条随意放置，沾污油污、水、锈使焊条受到污染，影响使用及焊接质量。焊剂循环使用中应进行筛分，去除焊剂中的焊渣 、粉尘、铁屑，未用完焊剂在烘干箱中或密封保存，避免受潮，必要时进行二次烘干筛分。

第七，返修过程中的质量控制。对于直径规格较小的钢管，由于焊工无法进入管内进行返修焊接，无论是内焊缝表面缺陷，还是烧穿等缺陷，只有将缺陷焊缝刨开，采取焊条电弧焊单面焊背面成形焊接技术方法。此种焊接方法补焊质量不易控制，返修处易形成内焊瘤、内凹、咬边等缺陷，不易修磨，焊缝返修一次合格率很低。对这类焊缝缺陷的返修应选择技能水平高的焊工来进行操作。对于直径规格较大的钢管，焊工可以依据缺陷在钢管内外焊缝的位置，选择在钢管内部或外部返修。返修时凡是条件允许，尽可能使焊缝处于水平位置，减少返修难度。

对表面缺陷及浅表层缺陷的清除，清除层的深度应保证返修焊缝至少焊接两层或两道以上。多层多道返修焊接，各层焊道起头、收尾应至少错开50mm。

返修过程中，按照返修工艺要求，采用合适的焊接参数。对钢级较高的钢管返修，严格控制

热输入及层间温度，确保返修焊缝的力学性能不下降。薄壁钢管焊缝返修时，防止返修焊缝塌陷变形，造成外观质量不合格。

对返修长度较短焊缝，宜选用焊条电弧焊返修，依据不同的板厚或坡口深度，选择不同的焊条直径，焊接参数如表1所示。

全焊透返修焊缝坡口如图1所示，填充、盖面返修焊缝坡口如图2所示。

对返修长度较长的填充或盖面焊缝，宜选用埋弧焊返修，不同的板厚或坡口深度，选择不同的焊接参数，焊接参数如表2所示，返修焊缝坡口如图2所示。

焊缝缺陷同一部位两次返修未合格，需再次返修，返修前应分析原因并经焊接技术负责人批准，选择操作技能高的焊工进行返修。焊缝缺陷返修后，进行外观修磨，应与管体母材金属圆滑过度并和原有焊缝外形尺寸基本相同，焊缝修磨控制不要伤及管体母材。

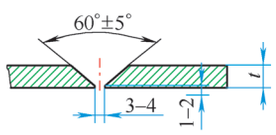

图1　全焊透返修坡口

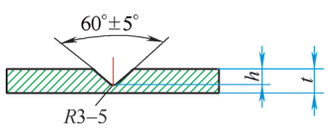

图2　填充盖面返修坡口

第八，返修焊缝外观检查合格后，应按原焊缝的质量要求进行无损检测合格。

第九，对环境温度低于0℃时，返修前应采取预热措施，预热温度控制在100~150℃。

第十，返修合格后，填写返修记录，内容包括返修缺陷性质、长度、部位、焊接参数，以及使用焊接材料、焊工姓名、返修次数及无损检测结果。

5. 结语

在螺旋焊管生产过程中，焊缝返修是一个重要的质量控制环节，必须高度重视，了解影响返修质量的因素并采取有效的技术措施控制，编制返修工艺，安排技能水平高的焊工返修，返修中严格执行工艺要求。

通过采取上述措施，可以充分保证焊缝缺陷的返修质量，提高一次返修合格率，减少不必要的因返修不合格而造成的钢管质量降级，从而确保钢管返修焊缝质量满足制造标准质量要求。

表1　钢级X52焊条电弧焊返修参数

焊接方法	焊条牌号及规格/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min^{-1}
SMAW	J507 ϕ3.2	100~140	21~24	16~24
SMAW	J507 ϕ4.0	140~180	22~25	16~26
SMAW	J507 ϕ5.0	180~230	23~26	16~26

表2　钢级X52埋弧焊返修参数

焊接方法	焊丝-焊剂牌号及规格/mm	板厚/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min^{-1}
SAW	H08MnA-SJ101 ϕ4.0	10	530~570	31~33	44~47
SAW	H08MnA-SJ101 ϕ4.0	12	620~660	32~35	40~43

参考文献：

[1] 李亚江，刘强，王娟。焊接质量控制与检验［M］.北京：化学工业出版社，2007.

作者简介：赵锡福，中冶辽宁德龙钢管有限公司质量管理部。

MW 20161024

FANUC小型协作机器人CR—7*i*A正式发布

2016年11月2日，FANUC携小型协作机器人CR—7*i*A在第18届中国国际博览会上正式亮相，针对小型部件的搬运、装配等应用需求为用户提供精准、灵活、安全的人机协作解决方案。

作为一款小型协作机器人，CR—7*i*A的手腕部最大负载为7kg，动作可达半径717mm，其长臂型机型CR—7*i*A/L，动作半径可达911mm。完善的安全功能使其能在没有安全围栏的情况下与人一起并肩工作。

“中国制造2025”为协作机器人提供了广阔的市场前景，协作机器人的应用可降低生产成本、提高劳动效率和生产系统整体柔性。CR—7*i*A将继去年发布的35kg负载的协作机器人CR—35*i*A后为用户提供更高效、匹配的小型人机协作解决方案，帮助用户提高生产效率，助推中国制造业2025。（FANUC）