

# 指套管移位及堵管焊接工艺

汪世兵

中核检修有限公司昌江分公司 海南省 昌江县 572700

**摘要:** 为了确保指套管移位、堵管焊接的质量,重点研究了采用GTAW的焊接方法焊接指套管移位、堵管的工艺,结果表明,选用合适的焊接参数、合理的保护气体流量,能确保焊缝的成形,使其焊接接头各项性能和质量满足设计要求。

**关键词:** 指套管移位 堵管 焊接工艺

引言: RIC指套管及其密封组件,作为一回路压力边界的一部分,其密封性及完整性至关重要,对核安全有重要影响,对由于流体的诱发振动而引起的管壁减薄超标<sup>[1]</sup>,将对其进行移位、堵管或更换处理。

## 1 材料的特点及焊接性

指套管及其手柄部件的材料为低碳的奥氏体不锈钢,生产工艺性能良好,有良好的冷、热加工性能,抗晶间腐蚀能力优秀,在未进行热处理的情况下,亦能保持良好的耐蚀性,由于其具有优异的耐蚀性、成型性、塑韧性等特点,广泛应用于食品用设备、一般化工设备、原子能工业用设备等。指套管移位、堵管焊接工作中,涉及到的部件有指套管(Z5CND17-12,试验部件采

用成分类似Z2CN18.10材料),手柄(Z2CN18.10)、堵头(Z2CN18.10)三部分组成,其化学成分见表1。低碳奥氏体不锈钢具有良好的焊接性,较低的碳含量使得在靠近焊缝的热影响区中所析出的碳化物减至最少,也降低了碳化物析出导致的不锈钢在某些环境中产生晶间腐蚀(焊接侵蚀),其电阻系数大<sup>[2]</sup>,焊接时比较容易被加热而融化,焊接时不会发生淬火硬化,其导热系数小,线膨胀系数大,在局部加热和冷却条件下,容易产生较大的残余应力,由于焊接过程中弹塑性应力应变变量也很大,故焊接过程中极少出现冷裂纹。但材料本身带来的热胀冷缩和对某些微量元素敏感引起的焊缝及热影响区热裂纹敏感性大、晶间腐蚀、应力变形等问题仍需克服。

表1 母材和焊材化学成分

材料	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
Z2CN18.10	≤ 0.03	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.03	≤ 0.015	17.0/20.0	9.0/12.0		≤ 1.00
316L	≤ 0.03	0.06	1.6~2.5	≤ 0.03	≤ 0.02	18.0/20.0	12.0/14.0	2.0~3.0	≤ 0.25

## 2 焊接工艺试验

### 2.1 试件类型

指套管移位时需解体手柄及与指套管连接的焊缝,减少总长度,使指套管原磨损区错开后焊接恢复手柄,焊接时涉及两种不同的密封焊缝(见图1),指套管堵管焊接时对原管进行封堵,涉及一种类型的密封焊缝(见图1),试件采用Z2CN18.10材质的部件,与手柄及堵头材质相同,与内管材质相似,规格分别为内管Φ8.6mm×1.7mm,手柄挡块Φ12mm×1.65mm,手柄Φ22mm×5mm。

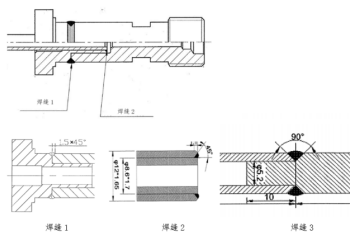


图1 指套管移位焊缝

### 2.2 焊接工艺的选择

指套管焊接作为核级焊接工作,工艺评定应按照RCCM S<sup>[3]</sup>篇或以设计要求的标准进行,相关母材及焊材应按标准验收合格,根据指套管焊接填充量小、要求一次成型、质量要求高等特点,工艺评定采用GTAW的方法进行焊接,综合考虑焊材化学成分、焊接工艺对焊接接头质量及耐蚀性的影响,选择ER316L Φ1.6mm的焊丝进行填充,其化学成分见表1,保护气体采用氩气含量≥99.99%的气体。焊缝形式见图1。

### 2.3 试件焊接

焊接前应对待焊部位两侧20mm范围内应打磨干净露出金属光泽,去除氧化皮及母材表面的水、锈和油污等有害物质,焊丝表面也应清除水、油、锈等有害物质,采用氩气含量≥99.99%的气体进行正面保护,背面不通氩气保护,焊接位置为与现场实际相同的5G1T,采用小电流、低电压快速焊接,以减少热输入量、改善接头性

能、减少焊接应力，焊接参数见表2。

表2 焊接工艺评定参数

评定试件	接头形式	焊接方法	填充材料	极性	电流(A)	气体流量(L/min)	层间温度(℃)	备注
焊缝1	密封焊缝	GTAW	ER316L Φ1.6mm	直流正接	50A/78A	12	150	
焊缝2	密封焊缝	GTAW	ER316L Φ1.6mm	直流正接	25A/49A	12	150	
焊缝3	密封焊缝	GTAW	ER316L Φ1.6mm	直流正接	55A/78A	12	150	

2.4 试验方法及结果

焊接完成后先根据RCCM标准的要求进行焊缝目视检查

查、液体渗透检测，目视及液体渗透检测合格后，按标准要求要求进行宏观晶相、微观晶相检测，试验结果见表3。

表3 试验结果

试件	检测标准	检测项目	验收要求	试验结果	结论
焊缝1 (试件 HP0201)	RCCM 2000+2002	目视检查	按RCCM 2000+2002补遗 S7460 验收	未见可记录性缺陷显示	合格
		液体渗透检测	按RCCM 2000+2002补遗 S7714.1验收	无缺陷显示	合格
		宏观晶相检测 (3项)	应无裂纹、未焊透、未熔合及超过检验标准的气孔和夹杂	未见缺陷 (见图4)	合格
		微观晶相检测 (3项)	应无裂纹和对接头有害的沉淀析出相，根部区域不能出现超过0.8mm的缺陷	未见显微裂纹和沉淀物 (见图4)	合格
焊缝2 (试件 HP0202)	RCCM 2000+2002	目视检查	按RCCM 2000+2002补遗 S7460 验收	未见可记录性缺陷显示	合格
		液体渗透检测	按RCCM 2000+2002补遗 S7714.1验收	无缺陷显示	合格
		宏观晶相检测 (3项)	应无裂纹、未焊透、未熔合及超过检验标准的气孔和夹杂	未见缺陷 (见图5)	合格
		微观晶相检测 (3项)	应无裂纹和对接头有害的沉淀析出相，根部区域不能出现超过0.8mm的缺陷	未见显微裂纹和沉淀物 (见图5)	合格
焊缝3 (试件 HP0203)	RCCM 2000+2002	目视检查	按RCCM 2000+2002补遗 S7460 验收	未见可记录性缺陷显示	合格
		液体渗透检测	按RCCM 2000+2002补遗 S7714.1验收	无缺陷显示	合格
		宏观晶相检测 (3项)	应无裂纹、未焊透、未熔合及超过检验标准的气孔和夹杂	未见缺陷 (见图6)	合格
		微观晶相检测 (3项)	应无裂纹和对接头有害的沉淀析出相，根部区域不能出现超过0.8mm的缺陷	未见显微裂纹和沉淀物 (见图6)	合格

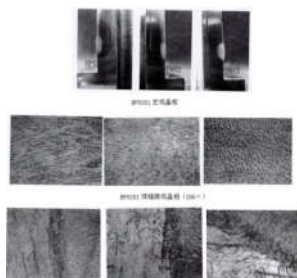


图4 焊缝1 (试件HP0201) 晶相样貌

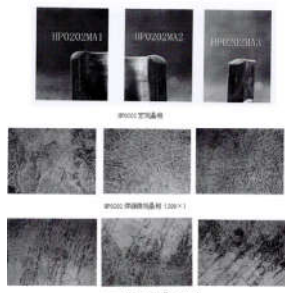


图5 焊缝2 (试件 HP0202) 晶相样貌

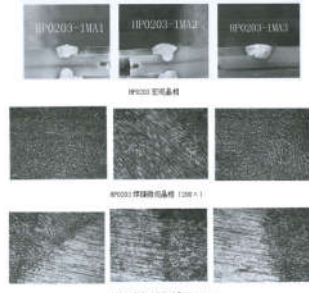


图6 焊缝3 (试件 HP0203) 晶相样貌

通过以上评定步骤，检查焊接接头及热影响区是否出现影响产品质量的缺陷及有害物质，从而确认评定结果符合RCCM 2000+2002 补遗 S篇的要求，在目视检查及液体渗透检验中，未未见可记录性缺陷，焊接接头外表面质量满足标准要求。在后续宏观晶相分析、微观晶相分析中，焊接接头及热影响区也未见显微裂纹、沉淀物及其他常见缺陷，评定结果满足标准要求。

3 指套管移位、堵管焊接要求

3.1 切割及待焊坡口加工

指套管移位切割：需要考虑手柄复用的情况，指套管移位时两道原焊缝（见图7）切割难度较大，手柄外部焊缝切割应以刚好打开手柄为优，切割过深导致的恢复焊缝加深可能引起下次手柄无法分解，现场使用专用工具或手工切割控制难度大，有损伤手柄及原焊缝切割过深的问题，影响手柄的重复使用，在满足移位距离的情况下，建议从邻近手柄的指套管上直接切断（切割位置见图7），在车间使用机床磨削原焊缝及加工坡口，坡口

加工应满足技术文件及焊接工艺要求,经多次使用机床加工验证,加工精度较高,不会过度打磨切割,可保证手柄复用次数,降低维修成本。

按规定长度切割完成后,应对指套管切口进行打磨修正,切口和管道长度方向保持垂直,保证切口处的垂直度及平面度,整个切割及打磨过程应注意防异物,防止铁屑进入和遗留在管道内部。

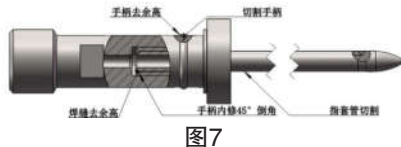


图7

指套管堵管切割:堵管切割时无需解体手柄,指套管抽出后,按技术要求确定切割位置,使用专用工具或磨光机等直接切割即可,切割完成后,应对指套管切口进行打磨修正,切口和管道长度方向保持垂直,并打磨出坡口,角度约45°,坡口厚度约1mm,整个切割及打磨过程应注意防异物,防止铁屑进入和遗留在管道内部。

### 3.2 焊接

指套管移位焊接:首先焊接的指套管与手柄挡块之间的密封焊缝(见图1 焊缝2),焊接前应做好管内防异物(塞入白布等,但应做好措施,保证随时能够取出),对待焊部位两侧20mm范围内母材打磨干净露出金属光泽,去除氧化皮及区域内母材表面的水、锈和油污等有害物质,焊丝表面也应清除水、油、锈等有害物质,然后进行组对,对口平整,严格按照焊接工艺进行焊接,焊接完成后,对焊缝进行打磨,焊缝内外两侧应尽量不高于母材,打磨光滑平整,不影响后续监测管线的插入和手柄组装,打磨完成可用同规格监测线缆试插入,最后进行液体渗透检测,要求无任何显示,合格后取出管内防异物物品,进行下一步手柄焊接。

指套管与手柄挡块的密封焊缝焊接完成后,可进行手柄外部密封焊缝焊接,焊接前对待焊部位两侧20mm范围内母材打磨干净露出金属光泽,去除氧化皮及区域内母材表面的水、锈和油污等有害物质,焊丝表面也应清除水、油、锈等有害物质,然后进行组对,手柄应贴

合,组对完成后严格按照焊接工艺进行焊接,控制热输入及根部熔深,以保证手柄复用次数,焊接完成后,对焊缝进行打磨,打磨光滑平整,后进行液体渗透检测,要求无任何显示。

指套管堵管焊接:指套管堵管有三个类似的焊缝需要焊接(见图8中1、2、3处),打磨前应做好管内防异物(塞入白布等,但应做好措施,保证随时能够取出),对待焊部位两侧20mm范围内母材打磨干净露出金属光泽,去除氧化皮及区域内母材表面的水、锈和油污等有害物质,焊丝表面也应清除水、油、锈等有害物质,清洁度及母材满足焊接要求后取出管内防异物的白布,然后进行组对,组对完成后严格按照焊接工艺进行焊接,焊接完成后,对焊缝进行打磨,打磨光滑平整,与母材平齐,后进行液体渗透检测,要求无任何显示。



图8

## 4 结论

指套管由于冲刷振动等原因导致管壁减薄,目前修复处理方式的有移位和堵管,可根据实际情况选择不同的处理方案,在指套管移位、堵管焊接工作前,首先进行了焊接工艺评定,验证了所选的工艺和填充材料能够满足相关标准和产品性能的要求,选用合适的焊接方法,合理的焊接参数实施焊接,确保焊接接头质量,合理的防异物措施及施工工序也是保证维修质量重要基础,从可操作性、经济性的考虑,指套管移位、堵管有很高的推广价值。

### 参考文献

- [1]柳正钧.堆芯指套管磨损\_堵塞机理与预防性维修策略[J].核动力工程.2004, 25(2):264-269.
- [2]陈祝年.焊接工程师手册[M].北京:机械工业出版社, 2002.
- [3]压水堆核岛机械设备设计和建造规则(RCC-M) S册[Z].上海:上海科学技术文献出版社, 2010.