

Incoloy825复合管向下立焊操作技术探讨

刘庆忠　张敬洲　张先龙

土库曼300亿增供气项目主要包括采气单井（包括采气管道240km）60座、预处理厂6座、集气管道72km、处理厂2座及外输大口径管道435km。该项目中采气和集气管道材质为Incoloy825合金复合管，规格主要为ϕ219mm与ϕ610mm两种。

目前，国内Incoloy825焊接主要采用氩电联焊工艺，熔化极气体保护焊向上立焊也有试验。为此，针对土库曼工期紧、工作量大、焊工少等现状，我单位进行了Incoloy825合金复合管向下立焊工艺研究，并取得初步成果。

1. 焊接性分析

Incoloy825铁镍合金是Ni-Fe-Cr系，主要用于耐热与耐蚀环境。铁镍基合金具有较大的焊接热裂纹倾向，相对于奥氏体钢必须更严格地限制有害杂质。杂质存在造成焊接时与镍形成低熔点共晶夹层，增加了焊接热裂纹的形成。

2. 向下立焊工艺与操作技术

（1）焊接方法及材料　焊接设备：米勒pipepro450rfc熔化极气体保护焊机；母材：新兴铸管生产L360QS/Incoloy825冶金复合管，ϕ219mm×（7.1+3）mm；焊丝：Inconel625实芯焊丝，ϕ1.2mm。

（2）焊前准备　坡口角度70°，无钝边，间隙2.0～2.5mm。采用定位块点固两点，分别布置于9点与5点位置。焊前将接头内外表面两侧各20mm范围内用角向磨光机打磨至露出金属光泽，并用丙酮擦拭打磨部

表3　ER55—B6焊丝化学成分（质量分数）　(%)

C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo
≤0.10	0.40~0.70	≤0.50	≤0.025	≤0.025	≤0.60	4.50~6.00	0.45~0.65

表4　焊接参数

焊层	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min^{-1}	热输入/kJ·cm^{-1}	气体流量/L·min^{-1}
1	90~100	10~12	5~6	12~14	8~10
2~3	100~120	12~13	6~7	11~15	8~10

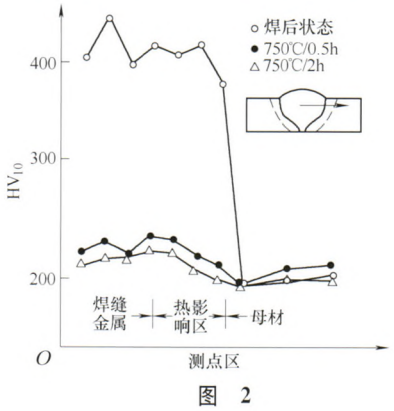


图 2

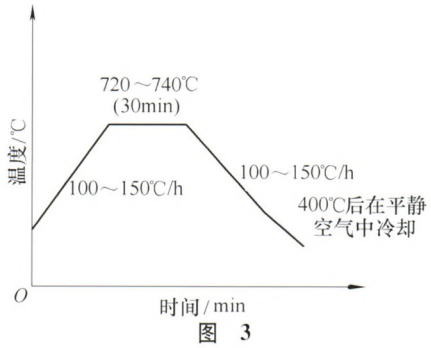


图 3

3. 结语

1Cr5Mo中合金耐热钢由于具有较高的淬硬倾向，故在焊接前过程中要严格执行工艺要求，否则即便各材料都符合标准要求，仍然可能出现开裂现象。按照我公司制定的修复工艺进行修复，管线运行一年后，效果良好。

作者简介：谢晓芳，菏泽锅炉厂有限公司焊接工程师，从事焊接工艺指导及教学研究。

MW 20140501

位，以避免焊接时生成夹杂物，影响焊接质量。

焊前进行5min左右的充氩置换，充氩量为20L/min。坡口外部采用锡箔纸包覆，焊接时最好有专人与焊工配合逐步打开，打开长度与焊枪保持50～80mm之间。充氩时必须均匀，避免直接采用胶管充气（见图1）。试验结果表明，采用胶管直接充气，由于气流不均匀，往往会导致背向胶管一侧焊缝氧化倾向增加，所以最好采用带均匀出气孔的充氩器进行充氩（见图2）。

（3）焊接参数　焊接位置为水平固定，最好采用锥形喷嘴，尺寸ϕ15mm，焊丝干伸长约10mm；氩气纯度≥99.99%。其他焊接参数如表2所示。

（4）操作要点　主要注意以下几方面：第一，打底。打底焊时，从12点处引弧，焊丝与坡口面接触，起弧要从坡口上引燃，马上移至对面坡口面上，使熔池形成两边坡口搭桥，这时向前移动焊枪，使焊丝在坡口下棱边燃烧。在12点至2点间做锯齿形运丝摆动，2点至4点间焊枪做直拉或微摆，4点至6点焊枪做微锯齿摆动。注意在焊接到4点后，不能采用直拉摆动，避免因焊缝中心过高而两侧夹角过深。

12点接头时必须把已焊完的焊缝打磨成斜坡状，长度30mm（见图3）。接头时从斜坡后端引燃电弧，依锯齿形摆动，焊枪角度与焊接方向呈15°～25°。焊接收弧时要填满弧坑，避免产生弧坑裂纹（见图4）。

在另一侧进行封闭接头时，要将之前已焊焊缝打磨成斜坡状以利接头。焊至斜坡时，一定要看清熔池，注意焊枪角度，不要穿丝。待接头封闭后，再向前焊20～30mm，把所打磨的斜坡面填充饱满后再熄弧。接头即将封闭时，一定要将内充氩流量降至10L/min左右。

根焊完成后，采用角向磨光机打磨整道焊缝，使焊缝成凹形，避免填充时两侧夹角形成夹渣（见图5）。

第二，填充（热焊）。内充

表1　Incoloy825铁镍合金复合化学成分（质量分数）　（%）

钢号 \ 成分	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
L360QS	0.09	0.27	1.09	0.009	0.002	0.07	0.11	0.085	0.13
825	0.02	0.09	0.47	0.019	0.003	22.61	41.59	3.1	1.35

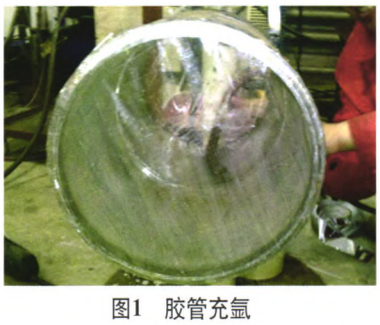


图1　胶管充氩



图2　带有均匀出气孔的充氩器充氩

表2　焊接参数

焊层	焊接方法	焊道名称	焊接材料		极性	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min^{-1}	氩气流量/L·min^{-1}
			牌号	规格ϕ/mm					
1	GMAW	打底	Inconel625	1.2	反接	120~130	14~16	15~20	20
2	GMAW	填充	Inconel625	1.2	反接	130~150	16~18	15~20	10
3	GMAW	填充	Inconel625	1.2	反接	130~150	16~18	15~20	—
3	GMAW	盖面	Inconel625	1.2	反接	130~140	16~17	15~ 20	—

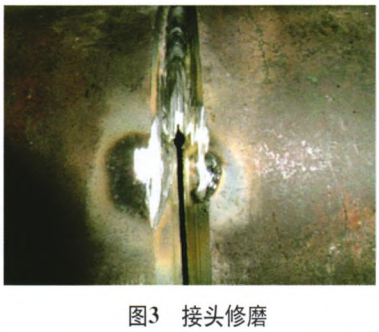


图3　接头修磨

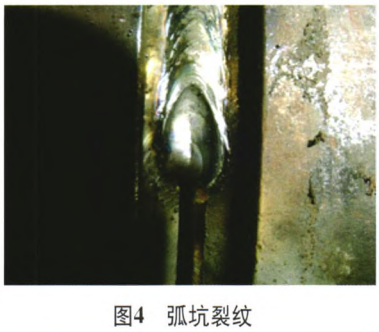
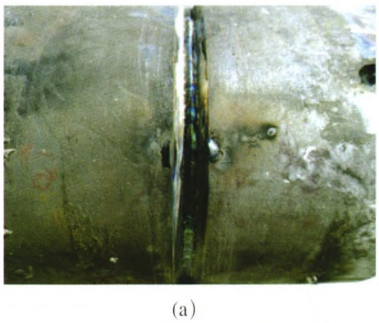
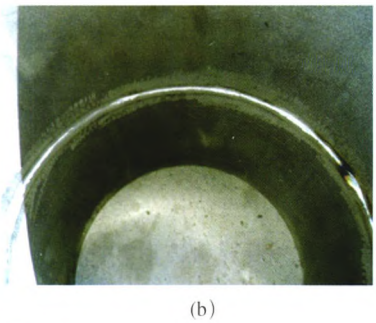


图4　弧坑裂纹



(a)



(b)

图5　内外根部焊道

氩，氩气流量10～15mL/min，焊枪氩气流量10～15mL/min，从上12点开始向下作月牙形，摆丝运动，一枪填充至管时钟5点位置。在焊接过程中注意不要在3点和9点位置停弧、接头，那样会使接头形成夹渣气孔和接头脱节或接头超高缺陷。一般从5点位置停弧，接头可减少以上缺陷的产生，6点收弧时一定要注意填满弧坑，如果6点钟收弧过快，弧坑会产生裂纹缺陷。5点位置接头：从所留焊缝熔池前5~10mm处引燃电弧，这时迅速将焊丝移至接头所留焊缝熔池最后面，作半圆划弧动作，然后采用月牙形摆动运丝，正常焊接至6点填满弧坑熄弧。

焊枪与焊接方向角度为12点至2点，70°左右；2点至4点，40°～35°；4点至6点，120°～110°。焊丝伸出长度10～12mm。

第三，盖面。从上12点位置开始向下焊接，焊枪角度与填充相同，摆动方法采用月牙形，上12点至2点位置摆动要稍慢些，两侧坡口要熔合良好，并且填满熔池。2点至4点位置摆动要快并且均匀，注意不要让熔池超过电弧，两侧注意咬边缺陷。4点至6点位置摆速要比2点至4点位置慢。当摆动至两侧坡口时要稍停留，摆动幅度要比2点至4点位置小些，比12点至2点位置大些，下6点位置收弧时，要填满熔池再收弧，不要收弧太快。

盖面12点位接头要把起弧所焊焊缝打磨成斜坡形，注意焊缝起头两侧未熔合处一定要打磨去除，接头和摆动方法与填充时相同，5点位接头方法与填充相同。

盖面6点位接头，注意当与前半部所焊焊缝熔池接触时要作划圈摆动，并向前移动焊枪填满熔池时熄弧。焊枪不要马上离开所焊焊缝，要用焊枪滞后停气保护熔池3～4s。盖面焊道如图6所示。

3. 探伤检测

此次复合管向下立焊试验，打底是重中之重。在打底成形后，后续填充与盖面难度较小。为验证打底质量，特填充盖面了两道管口进行探伤检测。第一道管口在填充层2点位置左右有侧面夹渣出现（见图7）。第二道管口则未有明显缺陷出现。分析原因，主要是填充时，第一道管口使用的功能档不同，正面焊缝成形也随之变化，容易造成焊道侧面夹角过深。第二道管口在换用合适档位后，熔池容易摊开，两侧夹角变浅，再配合适当打磨，就会彻底解决夹渣问题。

4. 结语

通过以上试验，可得出如下结论：

（1）焊接铁镍合金操作手法与焊接碳钢稍有不同，且需要加大摆幅，以保证两侧熔合。

（2）铁镍合金线膨胀系数较大，对定位焊点数量与焊接顺序都有较大影响。

（3）铁镍合金打底与填充盖面在功能选择方面会有不同，主要与其各自焊接特点有关。

实践证明，采用熔化极气体保护焊进行Incoloy825铁镍合金复合管向下立焊是完全可行的。

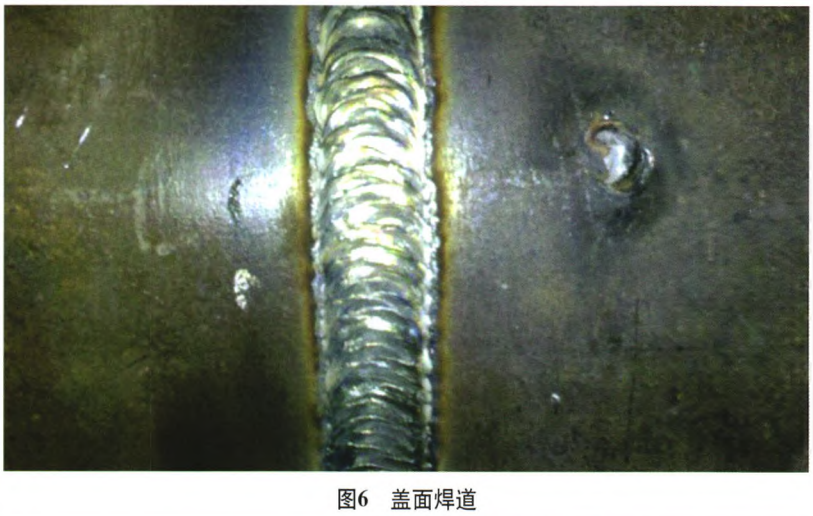


图6　盖面焊道

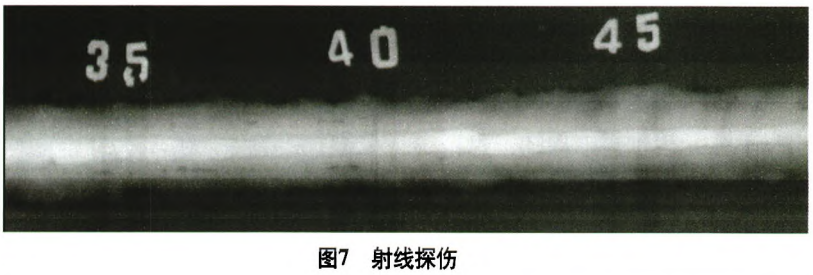


图7　射线探伤

作者简介：刘庆忠等，大庆油田工程建设有限公司培训中心工程师。

MW 20140506