



中合金耐热钢管线裂纹修复

谢晓芳

某石化公司的炼油管线在使用中发生泄漏，经查为管线一处焊缝产生裂纹所致。将裂纹修复后，次日安装时发现修复焊缝开裂，然后转至本公司修复。本公司测定了原焊接接头各处的成分，分析了接头产生裂纹的原因并制定了相应的修复工艺。

1. 材料鉴定及开裂原因分析

(1) 材料鉴定 失效管线规格为 $\phi 159\text{mm} \times 8\text{mm}$ ，裂纹外貌及位置如图1所示。为进一步确认材料的材质，用光谱分析仪测定原焊接接头各处的成分（表见1）。GB9948—2006《石油炼化用无缝钢管》中1Cr5Mo的标准值如表2所示。由测量值与标准值比较该管材确系1Cr5Mo，且各成分均在标准范围内。



图 1

(2) 开裂原因分析 管线所用1Cr5Mo钢属中合金耐

表1 焊接接头化学成分
(质量分数) (%)

测定位置	C	Cr	Mn	Mo
焊缝	0.11	5.25	0.59	0.45
焊缝左侧母材	0.13	5.12	0.52	0.46
焊缝右侧母材	0.12	5.22	0.53	0.45

表2 1Cr5Mo化学成分
(质量分数) (%)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S
≤ 0.15	≤ 0.50	≤ 0.60	$4.00 \sim 6.00$	$0.45 \sim 0.60$	≤ 0.60	≤ 0.03	≤ 0.02

热钢中5Cr-0.5Mo系列钢号。由铬钢的组织状态图可知，在 $w_{Cr}=5\% \sim 10\%$ 的钢中，如果 $w_C > 0.10\%$ ，其在等温热处理状态下的组织均为马氏体。根据表1可知：本材料的焊缝、焊接热影响区组织均为马氏体，有较高的淬硬倾向。熔敷金属和母材的成分虽然都在标准范围，但如果工艺过程控制不当，仍会产生较大的应力和较硬的马氏体组织，而出现裂纹。

2. 修复过程

(1) 裂纹清除 用渗透检测方法检测整个焊接接头，利用碳弧气刨将裂纹清除干净，再用磨光机将坡口的氧化层磨除，用

渗透检测确认坡口表面无裂纹。

(2) 焊接 为减小焊接热输入，减少热影响区的高温停留时间，降低软化区，提高焊接质量，选用钨极氩弧焊。同时，为保证接头的热强性和高温蠕变强度与母材相当，选用与母材铬、钼含量相当，符合GB/T8110—2008标准的H1Cr5（ER55—B6）焊丝，其标准成分如表3所示。按已评定合格的焊接工艺编制焊接参数，如表4所示。

焊前需将焊缝中心两侧 $\geq 50\text{mm}$ 的范围预热至 $150 \sim 200^\circ\text{C}$ ，层间温度不能低于预热温度。焊接中严格按焊接工艺卡施焊，焊缝不允许咬边。

(3) 热处理 中合金耐热钢焊接接头在焊后状态和焊后热处理状态下硬度实测结果如图2所示。由图2曲线可见，在焊后状态下，焊缝和热影响区硬度均超过了允许的最高硬度。经过适当的焊后热处理，接头各区的硬度降低到了允许的范围之内。因此中合金耐热钢焊接接头的焊后热处理是必不可少的。结合本接头的特点，在焊接完成后立即进行了如图3所示的焊后热处理。



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 $\phi 219\text{mm}$ 与 $\phi 610\text{mm}$ 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， $\phi 219\text{mm} \times (7.1+3)\text{mm}$ ；焊丝：Inconel625实芯焊丝， $\phi 1.2\text{mm}$ 。

(2) 焊前准备 坡口角度 70° ，无钝边，间隙 $2.0 \sim 2.5\text{mm}$ 。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

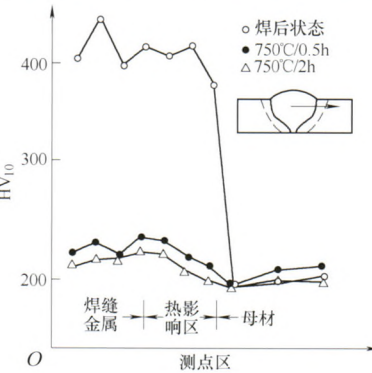


图 2

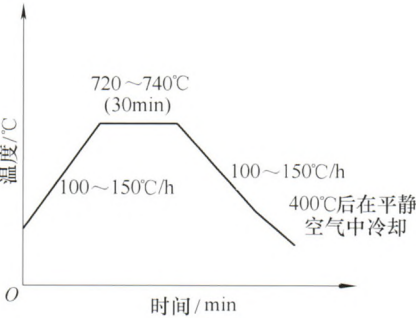


图 3

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