

HK-40 离心浇铸炉管的焊接

王建勋¹, 宋学平¹, 袁振民²

(1.兰州石化职业技术学院 机械工程系, 甘肃 兰州 730060; 2.兰州石化公司 化工储运厂, 甘肃 兰州 730060)

摘要:对 HK-40 离心浇铸炉管的材料作了介绍, 结合兰州石化公司新建的制氢装置转化炉的辐射炉管焊接施工, 对该炉管的焊接性进行了分析, 确定了焊接方法、焊接材料、焊前准备、焊接过程、焊后返修、焊后检查等一系列焊接问题, 得到了良好的焊接效果。

关键词:HK-40; 离心浇铸炉管; 焊接工艺

中图分类号: TG457.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2303(2006)12-0013-03

Welding of HK-40 centrifugal cast cannulation

WANG Jian-xun¹, SONG Xue-ping¹, YUAN Zhen-min²

(1.Mechanical Engineering Department of Lanzhou Petrochemical Vocational College of Technology, Lanzhou 730060, China; 2.Chemical Storage and transportation factory of Lanzhou Petrochemical corporation, Lanzhou 730060, China)

Abstract: This article simply introduced the material of HK-40 centrifugal cast cannulation, and worked out the welding method, welding material, welding prepare, welding process, after welding, rework, inspection, and some other welding problem through analysed the welding ability of HK-40 centrifugal cast cannulation by combine it's widely used in industry of petrochemical with the welding of radilization cast cannulation which belongs to the new construction of hydrogen production equipment of translate cannulation in Lanzhou Petrochemical corporation, and have it got good effect.

Key words: HK-40; centrifugal cast cannulation; welding technics

0 前言

在石油化工工业中, 高合金 HK-40 离心浇铸炉管已被广泛用作转化炉和裂解炉的炉管, 如南京炼油厂、镇海石化总厂的制氢转化炉, 燕山石化公司的裂解炉等, 都采用了这种炉管。兰州石化公司新建的制氢装置转化炉是由中石化洛阳工程公司设计的, 该炉的辐射炉管也采用了 HK-40 离心铸管, 这种炉管的焊接施工是整个转化炉施工中的难点, 它的焊接质量极大的影响着转化炉的使用寿命。

1 HK-40 离心浇铸炉管简介

HK-40 是一种耐热不锈钢管, 美国牌号为 ASTM-A351HK-40 和 ASTM A297HK-40, 日本牌号为 JISCr5122,

我国相应的牌号为 4Cr25Ni20。从工艺设计上看, 转化炉的炉管一般在 800℃~1000℃高温下工作, 因此要求炉管材料不但应具有较高的热强度和抗氧化性及增碳性, 还应具有良好的室温和高温韧性^[1]。另外, 为了达到安装质量要求, 还必须具有良好的焊接性。HK-40 离心铸管基本上能满足以上要求, 且与其他材料相比, 使用离心铸管具有成本低, 热强性能高等特点。

由于 HK-40 炉管采用离心铸造的方法生产, 其炉管的内表面有很薄的一层疏松组织, 外表面也有凹坑, 而炉管的基本组织是相当致密的, 它主要由沿半径方向分布的柱状晶粒组成, 内部没有夹渣、气孔、缩孔等铸造缺陷。外部晶粒尺寸相对偏大, 个别铸管靠近内壁存在疏松现象。鉴于以上原因, 这些离心铸管在使用时, 内外表面最好经过切削加工, 因为表面的铸造缺陷在使用过程中往往会产生表面积碳, 从而造成炉管破裂。

收稿日期: 2006-03-21; 修回日期: 2006-08-12

作者简介: 王建勋(1958—), 男, 甘肃宁县人, 副教授, 主要从事焊接结构及焊接工艺的教学与研究工作。

从化学成分来讲, HK-40 炉管是将 AISI-310 (25Cr-20Ni-0.1C) 钢管的含碳量提高到 0.4% 发展而来的, 国外常用几种牌号的化学成分和力学性能见

表 1。兰州石化公司制氢装置转化炉采用的是兰炼机械厂的产品, 牌号为 4Cr25Ni20, 其化学成分和力学性能见表 2。

表 1 国外 HK-40 离心浇铸管的化学成分和力学性能^[1]

牌号	化学成分							力学性能			备注
	$\omega(C)/\%$	$\omega(Si)/\%$	$\omega(Mn)/\%$	$\omega(S)/\%$	$\omega(P)/\%$	$\omega(Cr)/\%$	$\omega(Ni)/\%$	σ_s/MPa	σ_b/MPa	$\delta_s/\%$	
ASME·A351(HK-40)	0.34~0.45	<1.75	≤1.50	<0.04	<1.75	23.0~27.0	19.0~22.0	≥240	≥425	≥10	美国 ASTM A608-76
ASME·A297(HK-40)	0.20~0.40	<2.00	<2.00	<0.04	<1.75	24.0~28.0	18.0~22.0	—	—	—	美国 ASTM A608-76
SCH22-CF	0.35~0.45	<1.75	≤1.50	<0.04	<1.75	23.0~26.0	20.0~23.0	≥235	≥440	≥8	日本 JIS G5122
神钢(HK-40)	0.35~0.45	<1.50	<1.50	<0.03	<1.75	23.0~27.0	19.0~22.0	≥241	≥431	≥10	日本 JIS G5122

表 2 兰炼机械厂 4Cr25Ni20 的化学成分和力学性能

牌号	化学成分							力学性能		
	$\omega(C)/\%$	$\omega(Si)/\%$	$\omega(Mn)/\%$	$\omega(S)/\%$	$\omega(P)/\%$	$\omega(Cr)/\%$	$\omega(Ni)/\%$	σ_s/MPa	σ_b/MPa	$\delta_s/\%$
4Cr25Ni20(1 [*])	0.37	1.04	0.89	0.011	0.025	25.46	20.98	278	512	18.0
4Cr25Ni20(2 [*])	0.40	1.12	0.95	0.006	0.022	24.85	20.76	325	592	24.3
4Cr25Ni20(3 [*])	0.43	1.06	0.94	0.025	0.025	24.47	21.53	—	—	—

2 HK-40 离心浇铸管的焊接^[2]

2.1 焊接方法

目前国内外 HK-40 离心浇铸管的焊接, 通常采用管内充氩 TIG 焊打底, 然后用 SMAW (即焊条电弧焊) 焊将其余各层填满的焊接方法。采用 TIG 焊打底的优点是电弧稳定, 背面熔透好, 热量集中, 热输入少, 焊道表面光滑, 不易产生气孔、夹渣、裂纹、未焊透等缺陷。也可以整个焊缝全部采用 TIG 焊, 但焊缝的高温蠕变强度比采用两种方法组合焊接低, 且生产率较低, 成本相对较高。综合以上情况, 采用 TIG+SMAW 的组合焊接方法, 并进行了焊接工艺评定试验, 各项指标均达到相关标准要求。

当选用 U 形坡口时, 容易保证焊透, 但坡口加工较困难。施工中我们采用了国内外大多采用的 V 形坡口, 如图 1 所示。

2.2 焊接材料

HK-40 钢管焊接时, 一般应采用与母材成分相接近的焊材, 如 TGS-310HC 焊丝、NC-310H 焊条, 它们都属于高碳 4Cr25Ni20 焊材。为了提高焊缝的韧性, 避免产生焊接裂纹, 目前国内外很多企业都采用镍基合金焊丝进行 TIG 焊。如 INCOEL600 型焊丝, 镇海炼油厂的制氢转化炉打底焊就采用了洛阳工程公司设计院推荐的这种焊丝, 效果很好。考虑到焊丝的采购、成本的降低及工艺评定试验, 选用了上海金属材料研究所研制的 R-N₁ 型镍基焊丝以

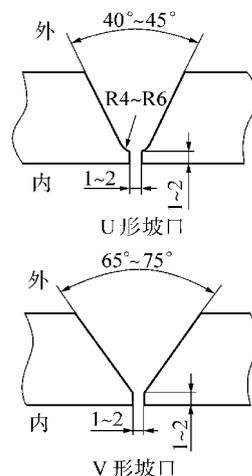


图 1 坡口形式

及与母材相同的 S-K₃ 型焊条, 这两种焊接材料焊接的焊缝金属化学成分和力学性能与国外同类焊材焊缝金属的比较见表 3。

2.3 焊前准备

焊接坡口按要求进行机加工, 焊前坡口必须经着色检查, 当无缺陷后立即用丙酮溶液清洗干净。焊条应充分干燥, 如 S-K₃ 焊条, 烘干温度为 150℃~200℃, 保温 1 h。焊接环境温度应在 10℃以上。当环境温度低于 10℃时, 必须将母材预热至 40℃~50℃, 每个焊口点焊 3~4 点, 长度为 25~30 mm, 点焊后两端应打磨, 避免存在气孔和其他缺陷, 且要有一定的厚度, 否则容易断裂。点焊时管内必须充氩保护, 氩气流量应在 12~15 L/min, 估计管内空气基本排除后,

表 3 国内外焊材焊缝金属化学成分和力学性能^[9]

牌号	化学成分							力学性能		备注
	$\omega(C)/\%$	$\omega(Si)/\%$	$\omega(Mn)/\%$	$\omega(S)/\%$	$\omega(P)/\%$	$\omega(Cr)/\%$	$\omega(Ni)/\%$	σ_t/MPa	$\delta_5/\%$	
NC-310HS 焊条	0.40~0.50	≤ 1.50	≤ 1.50	≤ 0.030	≤ 0.030	23.0~27.0	24.0~28.0	628~686	13.0~18.0	日本
E310H-15 焊条	0.35~0.45	≤ 0.75	1.00~2.50	≤ 0.030	≤ 0.030	25.0~28.0	20.0~22.0	≥ 620	≥ 10.0	美国 ST-A-5.4-83
S-K ₃ 焊条	0.38	1.01	1.20	0.015	0.018	24.0	25.5	772	12.4	上海 04-93-43
ERNiCrFe-5Incone180	≤ 0.08	≤ 0.50	≤ 1.00	≤ 0.015	≤ 0.030	14.0~17.0	≥ 70.0	≥ 550	—	美国 ST-A5.14-83
ERNiCr-3Incone180	≤ 0.10	≤ 0.50	2.5~3.5	≤ 0.015	≤ 0.030	18.0~22.0	≥ 67.0	≥ 551	—	美国 ST-A5.14-83
R-N ₁ 焊丝	≤ 0.03	0.09	2.99	< 0.002	< 0.002	20.4	≥ 67.0	≥ 551	—	上海 04-93-41

流量降至 6~8 L/min 即可。如果充氩不适量,焊缝会产生氧化,反映到底片上为一道黑色深坑影子,会使检验人员判为未焊透,造成不必要的返工。为防止焊接中由于间隙变小而产生弯曲,可适当采取措施将间隙固定。

2.4 焊接^[4]

第一层 TIG 焊打底时,应充分保证熔透,必须防止未焊透或内凹现象,打底焊道焊后应仔细进行表面检查,如有裂纹等缺陷必须立即清除,用薄片胶质尼龙砂轮片清除干净后,方可进行下一道焊缝焊接。

焊条电弧焊接电源采用直流反接,焊接时由

于 HK-40 材质要求避免过热,因此,在保证焊透的情况下最好选用小规范,如采用较小的焊接电流,焊接时焊条最好不要摆动,采用窄焊道、快焊速及短弧(弧长 25 mm 以下)焊接。另外,由于 HK-40 钢管焊接时容易产生火口裂纹,收弧时应尽量将弧坑填满。每焊完一道都应仔细检查,如有条件应逐层检查,确认无缺陷后才可继续下一道焊接。

盖面焊道可稍加摆动,焊完后进行表面外观检查和着色检查,要求表面成形良好,焊缝余高小于等于 2 mm,焊缝与母材应圆滑过渡,表面不得有夹渣、气孔、裂纹。

焊接工艺参数如表 4 所示。

表 4 焊接工艺参数

焊接部分	焊道号	焊接方法	焊材牌号与规格	层间温度 $t/^\circ C$	焊接电流 I/A	焊接速度 $v/cm \cdot s^{-1}$	线能量 $w/kJ \cdot cm^{-1}$
1 层	1 道	TIG	R-N, ϕ 2.5	< 100	100~110	8~10	< 9.9
2 层	2 道	SMAW	S-K ₃ , ϕ 3.2	< 100	95~100	8~10	< 16.5
3 层	3 道	SMAW	S-K ₃ , ϕ 3.2	< 100	95~100	12~15	< 16.5
3 层	4 道	SMAW	S-K ₃ , ϕ 3.2	< 100	95~100	12~15	< 16.5
4 层	5 道	SMAW	S-K ₃ , ϕ 3.2	< 100	95~100	11~13	< 16.5
4 层	6 道	SMAW	S-K ₃ , ϕ 3.2	< 100	95~100	11~13	< 16.5

2.5 焊后检查

在 100%着色探伤合格的前提下进行 100%X 射线探伤,按 GB3323-87 标准,Ⅱ级合格。为保证探伤质量,最好采用单壁法。

2.6 焊缝返修

不合格焊缝的局部返修可用砂轮机打磨,清除缺陷后补焊完好;整条焊缝返修,可先用等离子弧切割掉,然后重新加工坡口,用等离子弧和砂轮机配合将坡口打磨好,然后按规定点固、焊接。

3 结论

根据实际焊接和实验结果证明,高碳 25-20 离心铸管焊接性良好,采用合适的焊接工艺参数和焊接顺序,可以得到力学性能符合要求的焊接接头;

采用 TIG+SMAW 组合焊接方法焊接炉管,其生产率高,焊缝质量优良且稳定,尤其采用 TIG 焊打底,电流稳定,热量集中且热输入量少,不易产生过热和气孔,焊缝应力均匀,有利于防止裂纹,而且能保证熔透良好,背面成形光滑美观;HK-40 离心铸管焊接选用国产 R-N₁ 镍基焊丝和 S-K₃ 高温耐热钢焊条,经试验评定是可行的。

参考资料:

- [1] 焊工手册编写组.焊工手册[M].北京:机械工业出版社,1987.
- [2] 张文钺.焊接冶金学[M].北京:机械工业出版社,1995.
- [3] 吉田亨.现场焊接技术[M].北京:河北人民出版社,1982.
- [4] 潘际銮.焊接手册[M].北京:机械工业出版社,2001.

