

## C4 钢管道焊接工艺探讨

周亚东

江苏新世纪江南环保股份有限公司, 江苏 南京 211100

[摘要] 00Cr14Ni14Si4 奥氏体不锈钢(以下简称 C4 钢), 是我国高硅奥氏体不锈钢中综合性能优良和应用最广泛的浓硝酸用钢。材料以其优良的耐腐蚀性, 机械性能及机加工性, 尤其作为硝酸介质的输送管道有极好的耐蚀性能, 已经逐渐取代高硅铸铁及高纯铝管道。文中通过对 C4 钢的焊接性能分析, 以求保证焊缝的强度及晶间腐蚀能力满足在中、低温(小于 50℃)下, 可耐全浓度硝酸, 几乎不腐蚀, 在高温下也有很好的化学稳定性。

[关键词] 00Cr14Ni14Si4 奥氏体不锈钢; C4 钢; 焊接工艺; 管道焊接

DOI: 10.33142/ec.v4i5.3671

中图分类号: TU995.3

文献标识码: A

### Discussion on Welding Process of C4 Steel Pipe

ZHOU Yadong

Jiangnan Environmental Protection Group Inc., Nanjing, Jiangsu, 211100, China

**Abstract:** 00Cr14Ni14Si4 austenitic stainless steel (hereinafter referred to as C4 steel) is the most widely used concentrated nitric acid steel with excellent comprehensive properties among high silicon austenitic stainless steels in China. Materials with its excellent corrosion resistance, mechanical properties and machinability, especially as nitric acid medium pipeline has excellent corrosion resistance, has gradually replaced high silicon cast iron and high purity aluminum pipeline. In this paper, the welding performance of C4 steel is analyzed to ensure that the strength and intergranular corrosion resistance of the weld meet the requirements of full concentration nitric acid resistance at medium and low temperature (less than 50℃), almost no corrosion, and good chemical stability at high temperature.

**Keywords:** 00Cr14Ni14Si4 austenitic stainless steel; C4 steel; welding process; pipe welding

#### 1 焊接工艺原理

##### 1.1 C4 钢的焊接性分析

C4 钢属于镍铬高硅奥氏体不锈钢, 由于 C4 钢的含碳量均低于室温时奥氏体的碳溶解度, 降低了 C4 钢焊接接头区域晶间腐蚀的倾向, 提高了材料抗腐蚀的能力。

由于 C4 钢的合金元素含量较高, 与其他奥氏体不锈钢相比, Si 的含量高, 在焊接应力作用下容易产生热裂纹, 焊接性较差。

表 1 C4 钢化学成分 (%)

元素	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
含量%	≤0.02	≤1.0	3~4.5	13~15	13~15	≤0.035	≤0.030

##### 1.2 C4 钢焊材的选取

C4 钢属于具有抗强腐蚀能力的不锈钢, 焊接材料选取按照高与等于母材抗腐蚀能力或略大于强度等级两原则。钢材的抗腐蚀能力主要影响因素为: 材料的化学成分、金相组织等因素。经过几种焊接材料的选取, 选择 C4 钢焊丝和 CHS012Si 焊条。

表 2 焊材元素含量实测值

元素	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
焊丝实测值	0.027	0.91	3.95	19.06	14.20	0.018	0.010
焊条实测值	0.017	0.6	3.9	18.5	13.8	0.014	0.011

表3 焊材熔敷金属力学性能表

元素	$\delta_b$	$\delta_s$	$\delta_{10}$
焊丝焊缝金属 MPa	780	33.2	24.6
焊条焊缝金属 MPa	692	40.2	52.7

焊材中铬含量高于 C4 钢，焊缝的金相组织为奥氏体+铁素体双相组织，金相组织中的铁素体提高了焊缝抗晶间腐蚀的能力。

## 2 管道焊接工艺操作要点

### 2.1 C4 钢管道焊接工艺

#### 2.1.1 管道焊接方法选择

管道安装焊接时，采用氩电联焊焊接方法。第一道打底焊采用钨极氩弧焊管内壁充氩保护，盖面填充焊接根据管径尺寸可选取钨极氩弧焊或手工电弧焊。焊接接头形式选用 V 形坡口形式。



图1 焊接接头为 V 型坡口，氩弧焊打底

#### 2.1.2 焊接材料

表4 焊接材料

	牌号	规格	焊材标准
氩弧焊焊丝	C4	2.0	YB/T5093-1992
电弧焊焊条	CHS012Si	3.2*350	DGSK401.41-2004

#### 2.1.3 焊接接头的组对形式

鉴于工程管道的壁厚，焊接时小于 DN80 管道采用手工钨极氩弧焊 2 至 3 道，大于等于 DN100 管道采用手工钨极氩弧焊 1 道、电弧焊盖面 2 道的焊接方法。

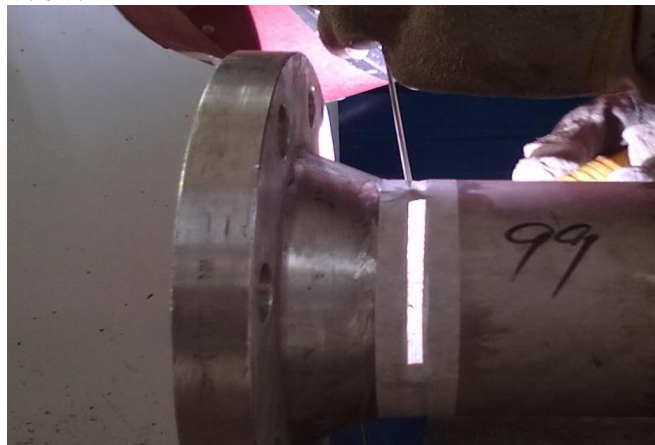
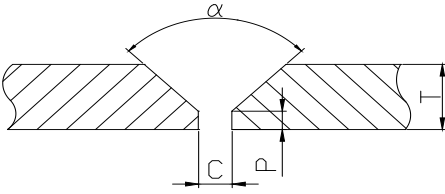
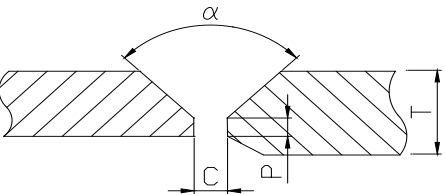


图2 焊工在进行第一道打底焊接

表 5 焊口组对形式

坡口名称	坡口尺寸	组对尺寸			
		壁厚 T (mm)	间隙 C (mm)	钝边 P (mm)	坡口角度 $\alpha$ ( $^{\circ}$ )
管子对接 V 型坡口		>2~8	2~3	1~1.5	60~65
不等厚管壁管子对接 V 型坡口		>2~8	2~3	1~1.5	60~65

#### 2.1.4 焊接规范参数

C4 钢管道焊接时应严格控制焊接线能量,防止由于焊接线能量输入过大,造成的焊缝及热影响区域金相组织粗大、焊缝的热裂纹倾向变大。施焊时应采用小电流,短电弧、快焊速和多层多道焊工艺,控制焊道层间温度。在每层焊接之间应清除积屑,平整息弧端,清洁焊缝。

表 6 焊接工艺参数

焊道层数	焊接方法	填充金属	焊接电流		电弧电压 (V)	焊接速度 (mm/s)	线能量 (KJ/cm)
		直径	极性	电流			
1	GTAW	2.0	正接	60-90	9-12	1-2	5.4
2	SMAW	3.2	反接	90-100	23-26	1-1.5	17.3-30.7
3	SMAW	3.2	反接	90-100	23-26	1-1.5	17.3-30.7

#### 2.2 管道现场焊接

①从事焊接工作的人员必须进行 C4 钢焊接理论的学习及操作技能的培训,取得该项目的焊工合格证后才能上岗。焊工应严格执行焊接方案及焊接工艺指导书。

②建立严格的焊材保管、烘干、发放和回收制度。

③焊接应该在不受风、雨、潮湿气候影响的平坦地方从事管道焊接工作。

④钢管道焊接前应对焊丝及焊件坡口及其两侧 50mm 范围内用酸性溶液进行清洗,除去水渍、油污、漆、垢、毛刺、和污染物。

#### 2.3 管道组对、焊接

①管道与管件、阀门等组对焊接时,应保证其同心度,其内壁错边量小于管壁厚的 10%。

②点焊时可借助支杆或焊丝使焊缝处保持 2-3mm 间距。2"-6"管道的固定点焊数宜为 3 点。

③在坡口处完成点焊进行正常焊接前,必须对焊缝进行修整清理。

④焊缝外观质量(表面气孔、表面夹渣、咬边、未焊透,不允许有咬边(>1.0mm)和余高(>1.5mm))。

#### 3 C4 钢管道焊接注意事项

C4 钢中的 Si 含量超过 0.4%时,易形成低熔点的硅酸盐杂质,增加了晶间裂纹的倾向,引起杂质偏析的形成,导致 C4 钢材质焊接时极易产生热裂纹。

管道组对安装错变量、强制组对安装等,会引起较大的焊接残余应力,C4 钢材质在腐蚀性介质中当温度、介质浓度等达一定条件后,会对焊缝产生应力腐蚀。

针对 C4 钢焊接中易产生的焊接热裂纹和应力腐蚀问题,焊接作业时应采取如下管控措施:

- ①碱性焊条根据制定的烘烤曲线烘烤后,在 300—350℃保温 2h,减少氢在熔池中的溶解度。
- ②重视焊材、焊件的清理。焊丝及焊件坡口表面用丙酮清洗干净。
- ③严格控制下料尺寸精度和成形加工质量,减少错变量,严禁强制组装,降低控制管道应力产生。
- ④按照焊接供应评定要求,严格控制焊接线能力输入,采取小电流,短弧快速焊接。
- ⑤因该型号焊条的焊渣不易清理,应采用砂轮机打磨清理层间焊渣,尤其是接头部位。
- ⑥控制焊道层间温度,起到细化晶粒作用。
- ⑦注意材料隔离和成品保护,不锈钢表面锈迹及时处理,以免形成碳点。

#### [参考文献]

- [1]王永扣.发烟硝酸吸收塔新材料 C4 钢的应用[J].中国化工装备,2016(4):10-12.
  - [2]刘萍.发烟硝酸吸收塔新材料 C4 钢的应用[J].石油和化工设备,2007,10(4):63-65.
  - [3]张春雷,程诺伟.烟气脱硫吸收塔入口烟道合金钢贴衬设计选型及焊接工艺分析[J].广东电力,2009,22(1):78-81.
- 作者简介:周亚东(1985.8-),男,安徽宿州人,汉族,大学本科学历,工程师,负责石油化工施工管理工作。