

# 高铬镍合金钢管的焊接工艺

薛福连

( 沈阳市辽中县化工总厂, 辽宁 辽中 110200 )

**摘 要:** 从理论上分析了化工生产装置上使用瑞典产的高铬镍合金钢管(904L)的耐蚀性, 904L合金钢完全具备较高的耐晶间腐蚀、点蚀和耐应力腐蚀断裂能力。介绍了其焊接环境要求、坡口形式以及工艺规范, 焊接的工艺措施及焊后检查。该焊接操作工艺对高铬镍合金钢管焊接生产有指导意义。

**关键词:** 高铬镍合金钢管; 腐蚀性; 焊接工艺

**中图分类号:** TG441 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2311(2005)02-0030-03

## Welding Process of Hi-Chromium-Nickel Alloy Steel Pipe

Xue Fulian

( The General Chemical Plant, Liaozhong County, Shenyang, Liaozhong County 110200, China )

**Abstract:** A theoretic analysis is conducted relating to the corrosion-resistance of the Sweden-made hi-chromium-nickel alloy steel (904L) pipe as used on some kind of chemical industrial equipment. The conclusion is that the said 904L steel is in possession of rather high resistance against intergranular corrosion, corrosive pitting and stress corrosion-caused fracture. Described here in the paper is the welding process of the said steel pipes, covering the welding condition requirements, the bevel shape and related technological criteria as well as the welding tips and post-welding inspection, etc. The welding procedure as introduced by the author can be used as a guideline for welding operation of hi-Cr-Ni alloy pipes.

**Key words:** Hi-chromium-nickel alloy steel pipe; Corrosion; Welding process

### 0 前 言

以食盐为原料的化工生产, 伴随其工艺过程会产生具有强烈腐蚀性的盐酸, 因此在化工设备和管道的设计上需采取相应的防腐蚀措施。沈阳市辽中县化工总厂在相关设备上使用的是Sandvik SAF 2205牌号的耐腐蚀钢, 在化工设备之间的工艺管道上则采用了瑞典904L牌号的纯奥氏体合金钢管。

904L属合金新材料, 在我国石化行业较少采用, 其焊接工艺也未曾报道。下面对该合金管的耐腐性进行简单的分析, 介绍其焊接工艺。

### 1 耐蚀性分析

904L合金钢即ASME SB673, 在ASME II 卷B

篇的《UNS N08904焊接管技术条件》里为用于耐蚀工艺管道的焊接管, 供货状态为固溶处理状态。其化学成分见表1。

由表1可见, 904L合金钢是一种超低碳的Mo含量较高的高铬镍合金钢。因进行了固溶处理, 其金相组织是纯奥氏体, 不含任何游离的铁素体。

一般说来, 奥氏体不锈钢产生晶间腐蚀是由于晶界的“贫铬”造成的。而“贫铬”的“元凶”是因钢中奥氏体的含碳量超过了室温下的溶解量(室温下奥氏体的碳溶解量为0.02%), 因此, 解决晶间腐蚀的根本措施就是控制钢中的含碳量。

为增加奥氏体不锈钢抗点蚀的能力, 一般都适当提高Cr和Mo的含量。Cr是形成钝化膜的主要元素, 提高含Cr量将使钝化膜趋向更加稳定; 而较高的含Mo量, 将使钢的表面在有Cl<sup>-</sup>存在的介质中形成MoOCl<sub>2</sub>保护膜。因此, 较高的Cr和Mo含量可使

薛福连 (1938-), 男, 高级工程师, 原化工总厂生产副厂长、总工程师, 现已退休。已发表论文30多篇。

表1 904L合金钢管的化学成分 (质量分数)

项 目	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	Fe
含 量	≤0.02	≤2.0	≤0.045	≤0.045	≤1.23	8~28	19~23	4~5	1~2	余量
允许偏差	±0.005	±0.040	±0.005	±0.005	±1.500	±0.250	±0.250	±0.100	±0.040	

奥氏体不锈钢具有较强的抗点蚀能力。文献[1]指出,高镍(~25%Ni)的奥氏体钢具有抗应力腐蚀断裂能力,文献[2]亦指出,从总的耐腐蚀能力看,单相组织最好。904L合金钢含碳量仅有0.02%,含Cr、Ni和Mo量分别高达19.0%~23.0%、23.8%~28%和4.0%~5.0%,其金相组织是单相奥氏体。因而从理论上讲,904L合金钢完全具备较高的耐晶间腐蚀、点蚀和应力腐蚀断裂能力。若与其他奥氏体不锈钢相比,由于904L合金钢在含C、Cr、Ni、Mo量方面和金相组织上的优势,其耐蚀性能和应力腐蚀断裂能力明显优于1Cr18Ni9Ti和00Cr18Ni9等奥氏体不锈钢。因此,选择904L合金钢作为有盐酸介质存在的工艺管道材料是合适的。

## 2 904L合金钢的焊接工艺

施工前,首先进行了GTAM和GTAM+SMAW两种焊接工艺评定。分别按管道壁厚制作了3种规格的试板,并用外商提供的焊丝和焊条进行焊接。评定项目有:外观检查、X光探伤检查和力学性能试验。外观和X光探伤检查按ASME B31.3规范的有关部分进行;力学性能试验进行拉伸试验和面弯90°、背弯90°的试验,拉伸试验得到的最大抗拉强度在580~663.8 MPa之间,而ASME规范中904L合金钢的抗拉强度 $\sigma_b \geq 490$  MPa,面弯90°和背弯90°试验后均完好。在完成工艺评定并在外商认可的基础上,对焊接工艺进行了完善性的编制。施工中,焊工严格执行既定的工艺,取得了焊接一次性合格率100%的效果,证明该工艺的成熟性。

### 2.1 坡 口

用手提式砂轮机打磨出如图1所示的坡口。打磨完后用不锈钢丝刷清理坡口,并着色检查。在施焊前用丙酮或CCl<sub>4</sub>清洗坡口,组焊时应确保错边量≤0.5 mm。

### 2.2 焊接环境要求

焊接应在清洁、无风的场地进行,最好在搭设有焊接平台的工棚中进行,环境温度应不低于5℃。

### 2.3 焊接工艺规范

(1) 对NPS≤50.8 mm (2 in) 的904L合金钢

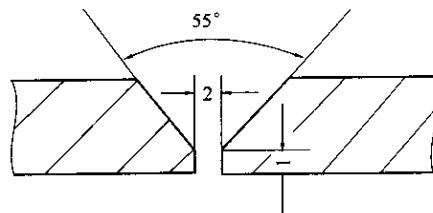


图1 坡口形状示意

管的环缝采用全氩弧焊,钨极直径2 mm,喷嘴直径12 mm,氩气纯度应≥99.99%,氩气流量为10~12 L/min。焊丝为GTAW, ROD TYPE904L-AVESTA904L, Φ1.6 mm;采用直流正接,焊接电流为60~80 A,焊接电压为18~24 V。

(2) 对NPS>50.8 mm (2 in)的904L合金钢管的环缝采用氩弧焊打底,手弧焊盖面。氩弧焊的规范与(1)一致。手弧焊焊条为SMAW, ELECTR TYPE904L-AVESTA FOX CN20/25MA, Φ2.5 mm;采用直流反接,焊接电流为65~85 A,焊接电压为18~25 V。

(3) 对于任何口径的904L合金钢管的角缝采用手弧焊,其工艺规范与本节中(2)的手弧焊部分相同。

### 2.4 焊接工艺措施

(1) 焊接时,以纯度达99.99%以上的氩气作为内保护气体,并至少要保持到第2层焊接结束。

(2) 不得在坡口直接引弧,应采用引弧板。

(3) 尽量采用较快的焊接速度,短弧焊,不横向摆动。多层焊时,层间温度应<100℃。

(4) 氩弧焊打底或手弧焊的底层焊好后,应清理焊口并着色检查。

(5) 同一道焊口允许返修的次数不超过2次,第2次返修必须由施工总技术负责人批准。

(6) 焊前不需预热,焊后不需热处理。

### 2.5 焊后检查

(1) 每道焊口均需着色检查。

(2) 按环缝总数的25%进行X光拍片检查。

(3) 所有检查均按ASME B31.3规范的有关要求进行。

### 3 结 语

从实际的施焊过程来看, 904L合金钢与常见的18-8型不锈钢一样, 具有良好的可焊性, 其可焊性介于18-8型不锈钢和HK40炉管钢之间。由于其较高的Cr、Ni含量, 而且金相组织中不含铁素体, 焊接时比18-8型不锈钢更易产生热裂纹, 类似于HK40, 这一点在制定焊接工艺时应加以考虑。

总之, 904L合金钢不失为一种具有较强耐蚀

性和良好可焊性的合金材料。

### 4 参考文献

- 1 麻启承, 于一林, 等. 金属材料及热处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 1996.
- 2 郑品森, 张常生, 等. 化工机械制造工艺[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.

(收稿日期: 2004-03-01)

(修定日期: 2005-03-18)

### ●信 息

#### 2005年1~2月俄罗斯钢管产量同比大幅下降

据俄罗斯钢管工业发展基金会的统计快报, 2005年前2个月俄罗斯的钢管总产量比上年同期下降了9.6%, 为89万t。在俄罗斯钢管生产企业中, 减产幅度大的主要是生产大口径焊管的维克松钢厂和车里雅宾斯克钢管厂, 分别减产了19%和25%。俄罗斯钢管工业发展基金会认为, 其原因是受乌克兰大口径钢管进口量同比大幅增长的冲击。2005年1~2月, 俄罗斯从乌克兰哈尔岑钢管厂进口的大口径钢管数量比上年同期增长了17%。俄罗斯钢管工业发展基金会建议俄罗斯政府对乌克兰钢管的进口进行反倾销调查, 以保护俄罗斯钢管生产企业的利益。

#### 俄联合冶金公司与意大利Danieli & C. 公司签订设备购买合同

俄罗斯联合冶金公司为 $\Phi 21\sim 530$  mm焊管生产配套的冶炼-轧钢联合生产系统设备国际招标工作于2005年3月上旬结束。意大利Danieli & C.公司、德国SMS Demag公司、奥地利Voest Alpine 公司、日本Sumitomo公司, 以及乌克兰新克拉马托尔斯克机器制造厂等国际著名冶金设备生产企业参加了投标。意大利Danieli & C.公司在竞争中胜出, 将为俄罗斯联合冶金公司在俄罗斯下戈罗德州维克松区兴建的冶炼-轧钢联合生产系统提供主设备。设备购买合同的签字仪式日前在意大利驻俄使馆举行。俄方表示, 意大利 Danieli & C.公司的冶金设备, 能生产出在俄罗斯萨哈林和雅玛尔等气候寒冷、地质条件复杂地区使用的油气输送管和出口用管, 适合维克松钢厂的需要。该冶炼-轧制生产联合系统建成投产后将极大地提高俄罗斯联合冶金公司产品在俄罗斯及世界钢管市场上的竞争力。

俄罗斯联合冶金公司新建的冶炼-轧制生产联合系统的工艺流程为: 废钢加工→电炉炼钢→炉外精炼+真空处理→连铸→热轧板卷, 设计年产量为120万t热轧板卷。意大利 Danieli & C.公司将为该系统提供电弧炉、钢包精炼炉、真空精炼炉、薄板坯连铸机、隧道加热炉和宽板卷连轧机等主设备, 合同金额在2.5亿美元以上。预计, 项目总投资将超过5亿美元, 建设周期30个月。意大利 Danieli & C.公司还将提供专用生产工艺, 以保证俄罗斯联合冶金公司能生产出符合API 5L标准并能在 $-60^{\circ}\text{C}$ 和有侵蚀环境下使用的X65、X70 钢级油气输送管。

(攀钢集团成都钢铁有限责任公司 杜厚益)

#### 俄罗斯研发电站锅炉用电阻焊合金钢管

俄罗斯开发出含2.25%Cr和1%Mn的合金钢电阻焊钢管, 该种电阻焊钢管具有优良的淬透性和较高的硬度, 焊接时采用惰性气体保护焊, 从而避免产生氧化铬, 获得无缺陷焊缝。对焊管先作正火处理, 而后进行等温退火, 屈服极限可达到205 MPa以上和瞬时强度可达到410 MPa。所生产的焊管无论是外表面还是内表面, 均未发现局部腐蚀、焊缝缝隙腐蚀或者其他异常情况。在使用63 004 h后, 管子金属仍保持单一的铁素体-珠光体结构以及高温下的高延伸性能。对焊管和无缝管各取试样进行检验, 结果表明两者无明显差别, 焊管的焊缝也具有相当高的强度和塑性, 两类管材的拉伸强度基本一致。

(攀钢集团成都钢铁有限责任公司 曾 适)