

线能量对 2205 双相不锈钢焊接接头耐蚀性和韧性的影响

李为卫^{1,2}, 刘亚旭¹, 赵新伟¹, 霍春勇¹, 冯耀荣¹, 宫少涛¹

(1. 中国石油管材研究所 石油管力学与环境行为重点实验室, 陕西 西安 710065; 2. 西安石油大学, 陕西 西安 710065)

摘要: 针对 2205 双相不锈钢材料, 研究了线能量对其焊接接头耐蚀性和冲击韧度的影响, 推荐出了 12.7mm 壁厚材料的焊接线能量范围, 且用于某天然气管道工程现场焊接。

关键词: 双相不锈钢; 线能量; 耐蚀性; 韧性

中图分类号: TG457.11

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2005)05-0023-02

Effect of Heat Input Energy on Corrosion and Toughness of 2205 Duplex Stainless Steel Welding Joint

LI Wei-wei^{1,2}, LIU Ya-xu¹, ZHAO Xin-wei¹, HUO Chun-yong¹, FENG Yao-rong¹, GONG Shao-tao¹

(1. The Key Laboratory for Mechanical and Environmental Behavior of Tubular Goods, CNPC, Xi'an 710065, China;

2. Xi'an Petroleum University, Xi'an 710065, China)

Abstract: The effect of heat input energy on corrosion and toughness of 2205 duplex stainless steel (DSS) welding joint was studied. Heat input energy for welding 12.7mm wall thickness DSS was recommend and was used to weld some natural transportation pipeline project in site.

Key words: duplex stainless steel; heat input; corrosion resistance; toughness

随着西气东输管线工程的建成, 天然气源成为大家关注的的焦点。中国西部某气田天然气储量丰富, 将承担西气东输供气量约 80%, 但天然气凝结水中含有 10% 左右的氯离子, 腐蚀性很强, 加上输送介质的压力高, 使得设施的安全性及可靠性要求很高, 因此, 约 13 km 长的集输管线和一个年处理 120 多亿立方米的天然气处理厂的管道选用 2205 双相不锈钢材料。这种材料具有良好的力学性能和耐蚀性, 但由于历史上曾出现的焊接、热处理等问题在国内使用很少, 国外如此大规模地使用也极少。此钢的优越性能是靠两种组织的适当比例来保证的, 就其焊接而言, 与一般奥氏体不锈钢的焊接有许多不同之处, 焊接线能量对焊缝及热影响区的组织及两相比比例有很大的影响, 进而对焊接接头的力学性能和耐蚀性能产生很大影响^[1,2]。为此, 本文就焊接线能量对其接头的耐蚀性和冲击韧度这两个关键技术指标的影响进行了研究。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

试验材料选用 Outokumpu 公司 (原瑞典 Avesta Polarit 公司) 提供的 SFA 2205 双相不锈钢, 材料厚度 12.7 mm, 其主要化学成分 (质量分数, %) 为: 0.014C,

1.45Mn, 0.38Si, 22.67Cr, 5.69Ni, 3.23Mo, 0.17N。按成分计算的点蚀当量 PREN 为 36 ($PREN = Cr + 3.3Mo + 16N$)。其主要力学性能为: $\sigma_{0.2} = 520$ MPa, $\sigma_b = 730$ MPa, $\delta = 35.0\%$, $A_{KV}(-40^\circ C) = 210$ J。

1.2 试验方法

首先选用不同的线能量对试件进行焊接, 试件焊接主要条件见表 1。然后在试件上取样测试焊接接头的耐蚀性 (在 Cl^- 介质中腐蚀以点蚀为主, 因此测试接头的点蚀性能) 和冲击韧度。点蚀试样尺寸为 40 mm × 25 mm × 10 mm, 焊缝位于试样中心, 试验按 ASTM G48 标准在 6% 的 $FeCl_3$ 溶液中浸泡 24 h, 试验温度为 22℃, 腐蚀试验前后对试样称重, 计算平均点蚀速率。夏比 V 型缺口冲击试样尺寸为 55 mm × 10 mm × 10 mm, 缺口分别位于焊缝中心和热影响区熔合线附近, 试验温度为 -40℃, 试验按 GB/T 229 标准进行。

表 1 试件焊接主要条件

试件编号	坡口形式	焊接方法	焊材牌号	线能量 / $kJ \cdot cm^{-1}$	TIG 保护气
11	单面 V 面	钨极氩弧焊 + 手工电弧焊	焊丝: Avesta2205	6.2	Ar+2%N ₂
12			焊条: Avesta2205-PW	8.2	
13				13.9	
14				15.7	

2 试验结果及分析

不同线能量下焊接接头的耐蚀性试验和冲击试验结果如图 1 所示。可见,在 $8.2 \sim 15.7 \text{ kJ/cm}^2$ 的线能量范围,焊接接头的耐蚀性和韧性均良好,满足工程技术要求(点蚀速率 $\leq 10 \text{ mg}/(\text{dm}^2 \cdot \text{d})$, $A_{KV(-40^\circ\text{C})} \geq 34 \text{ J}$);在最小线能量下 (6.2 kJ/cm) 焊接,焊缝出现点蚀,焊接接头

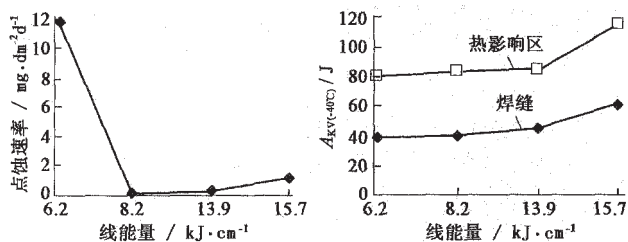


图 1 焊接接头点蚀速率和低温韧性随线能量的变化曲线

的点蚀速率最高,耐蚀性最差,焊缝及热影响区的冲击功也最低;在 $8.2 \sim 15.7 \text{ kJ/cm}$ 的线能量范围,随着线能量的增加,腐蚀速率增加,耐蚀性降低,冲击功提高;在 8.2 kJ/cm 线能量下,接头的点蚀速率最低,在 15.7 kJ/cm 线能量下,接头的冲击功最高。

根据双相不锈钢的冶金特点,焊缝和热影响区靠近焊接熔合线的高温加热区(简称 HTHAZ)在焊接加热过程中全部转变为铁素体,在随后冷却过程中部分铁素体转变为奥氏体,形成铁素体-奥氏体双相组织,适当比例的两相组织可以保证焊接接头同时兼有铁素体和奥氏体不锈钢的特点,具有良好的力学性能和耐腐蚀性能。反之,两相比比例不当,焊接接头的性能变差。焊接线能量决定了焊接过程的热循环,对焊缝和热影响区组织有很大影响。焊接线能量过低,冷却速度过快,焊缝及 HTHAZ 奥氏体来不及充分析出,造成其中高

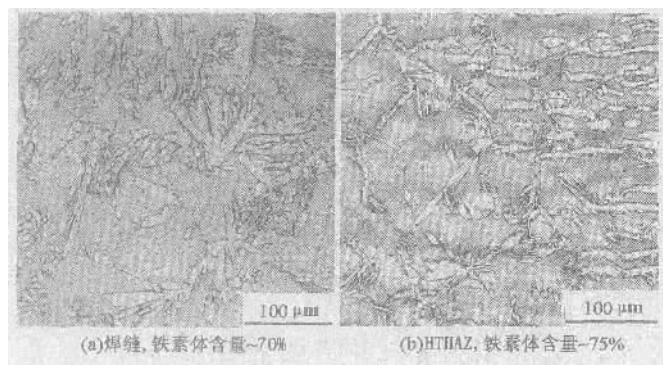


图 2 过低线能量下焊缝和热影响区的组织照片

的铁素体和氮化物含量(氮在铁素体中的溶解度过低,且易形成氮化物),降低腐蚀抗力和韧性,这就是为什么在小线能量下焊接接头耐蚀性和韧性较差的原因。图 2 是在较小线能量下焊接,得到的焊缝及热影响区的组织照片,铁素体含量较高。

在适当的线能量下焊接,焊缝及热影响区的奥氏

体转变充分,两相比比例在合适的范围(技术条件要求焊缝和热影响区的铁素体含量在 $35\% \sim 65\%$ 范围),从而使焊接接头具有良好的性能。在一定的范围内,随着线能量增加,奥氏体含量相对增加,接头的韧性增加。但是,随着线能量的增加,焊接过程冷却速度过慢,在 $550 \sim 900^\circ\text{C}$ 金属间相析出温度区间停留时间过长,焊缝或热影响区金属间相析出的可能性增加,从而使接头的耐蚀性降低。这就是为什么在 $8.2 \sim 15.7 \text{ kJ/cm}$ 的线能量范围,随着线能量增加,接头韧性增加,耐蚀性略有下降的原因^[3,4]。

3 结论

(1) 焊接线能量对焊缝的耐蚀性和韧性有较大的影响,在过小的线能量下,焊接接头耐蚀性和韧性较差,焊接时要避免使用过小的线能量,尤其是在打底焊和返修焊时要防止过高的焊接速度。

(2) 在一定的线能量范围,随着线能量的增加,接头的韧性增加,但接头的腐蚀速度有升高的趋势,因此焊接过程中要防止线能量过大现象。

(3) 对壁厚为 12.7 mm 的试验双相不锈钢材料,线能量小于等于 6.2 kJ/cm ,焊缝及热影响区的铁素体含量过多,接头的耐蚀性和韧性较差;在 $8.2 \sim 15.7 \text{ kJ/cm}$ 的线能量下,焊接接头具有良好的耐蚀性和低温韧性,该规范可用于工程焊接施工。

参考资料

- [1] 张文钺,侯胜昌.双相不锈钢的焊接性及其焊接材料[J].焊接技术,2004,33(1):40-42.
- [2] 吴玖,姜世振,韩俊媛,等.双相不锈钢[M].北京:冶金工业出版社,1999:1-6,31-48.
- [3] 李健,王玉山.不同焊接工艺对双相钢(S A F 2205)金相组织的影响[J].压力容器,2004,21(2):7-11.
- [4] Pettersson Claes-Ove, Fager Sven-Ake. Welding practice for the Sandvik duplex stainless steels SAF 2304, SAF 2205 and SAF 2507 [R]. SANDVIK Steel, Sweden, 1994. 3-7.

行业动态

中信重机公司成功推出国内最大辊压机

中信重机公司日前已正式投产 3 台 RP170-110 国内最大规格的辊压机,该机是为广东塔牌集团有限公司 5000T/D 水泥生产线项目提供的设备,预计 6 月底完工。

中信重机公司一直很重视辊压机技术的开发,早在 2003 年 RP120-80 辊压机畅销时,中信重机公司就根据本公司辊压机产品的现状、市场占有率及国内辊压机竞争形势,及时制定科研发展规划,全力开发能满足 5 000 T/D 以上规模水泥生产线使用的特大型辊压机设备以及大型辊压机粉磨系统,并且要求系列化。