

TIG焊机应用于高压焊接试验舱的关键技术

周灿丰¹, 焦向东¹, 吕涛¹, 房晓明², 王中辉¹, 陈家庆¹

(1.北京石油化工学院 机械工程系, 北京 102617; 2.海洋石油工程股份有限公司, 天津 300452)

摘要: 为TIG焊机成功地应用于高压焊接试验舱, 解决了焊机线缆穿越高压焊接试验舱时焊接电缆、焊机测控电缆、焊接保护气管的密封问题, 以及应用于高压焊接过程的电弧熔池摄像、背面焊缝成形摄像、钨极焊丝摄像和舱内场景摄像问题。

关键词: 高压焊接试验舱; TIG焊机; 高压密封; 电弧熔池摄像

中图分类号: TG456.5 **文献标识码:** A

高压焊接是目前国际上优先采用的海底管道等重要水下结构修复方法, 一般采用轨道式TIG焊接工艺以保证接头质量。在进行现场焊接之前, 要求采用高压焊接试验装置, 通过试验确定与作业水深相适应的高压焊接程序规范。

笔者所在单位承担的“水下干式高压焊接”是“十五”国家863重大项目“水下干式管道维修系统”的一个重要子课题, 其研发目标是为该系统提供1套适应水深60 m的高压焊接工艺及轨道式全位置TIG自动管道焊机。为此, 建造了以高压焊接试验舱为核心的高压焊接试验装置, 在TIG焊机应用于高压焊接试验舱的过程中, 着重解决了焊机线缆穿越高压焊接试验舱的密封、高压焊接过程监视等关键技术。

1 高压焊接试验装置

高压焊接试验装置如图1所示。

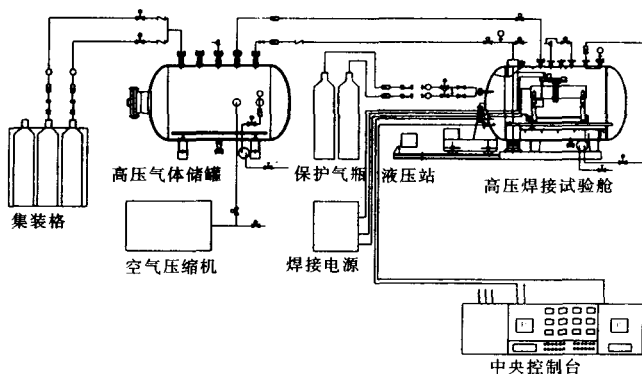


图1 高压焊接试验装置

高压焊接试验装置由压力容器、压力管道、气源、TIG焊机、测控系统5个部分组成。集装格、压缩机作为气源可为高压焊接环境气体调配储罐配备4 MPa以下的混合气体, 储罐与高压焊接试验舱容积相等, 4 MPa储罐气体可以供应高压焊接

试验舱以最高试验压力0.7 MPa进行4~5次高压焊接试验。高压焊接试验舱设计压力1.5 MPa, 最高工作压力1.0 MPa, 容器内径1 600 mm², 其舱门启闭通过左右直线移动液压缸实现, 卡箍锁紧、松开通过旋转液压缸实现。舱门关闭、卡箍锁紧后, 开启电磁阀对卡箍密封圈进行迫紧供气, 消除舱门与舱筒之间的间隙, 形成舱内密封空间, 再按照试验要求开启电磁阀充入加压气体、形成高压焊接气氛环境。

TIG焊机采取与海底管道高压焊接修复相同的布置, 焊接电源放置在舱外、焊机机头放置在舱内, 二者之间以100 m焊接电缆、测控电缆连接^[1], 解决焊接电缆、焊机测控电缆等的穿舱高压密封需要采取特殊设计的装置和技术。测控系统对包括舱内气体压力、温度、湿度、成分、焊接电流、电弧电压等在内的模拟信号进行采集处理, 还对包括焊接电弧熔池等在内的图像信息进行监视、录像。舱内摄像监视是高压TIG焊成功实施的另一项关键技术。

2 焊接电缆穿舱高压密封技术

TIG焊机在高压焊接试验舱中的布置方式是: 焊接电源与焊接保护气瓶放置在舱外, 焊机机头与水箱放置在舱内, 焊接电缆、焊机测控电缆、焊接保护气管穿越高压焊接试验舱。

2.1 焊接电缆穿舱高压密封

通过采用如图2所示的焊接电缆穿舱密封结构, 利用焊接电缆快速接头实现焊接电缆穿越盲板法兰, 该密封结构在保证绝缘的前提条件下达到了高压密封的效果。

焊接电缆穿舱高压密封结构与密封原理: 将电缆穿舱件中间衬套压入电缆穿舱件外部压套中, 通过环形密封垫圈实现二者之间的端面绝缘密封, 两圆柱面之间的两个O形橡胶圈进一步起到绝缘隔离作用; 在接管配对外法兰盖上钻孔, 通过紧固螺栓与电缆穿舱件外部压套联接, 二者通过环状密封垫圈形成端面静密封, 从而一并将电缆穿舱件中间衬套压紧密封绝缘定位; 用铜棒车削一个细长的双头螺杆, 将其一端拧入电缆快速接头螺纹座小端的螺纹孔中, 并设法达到密封;

将电缆快速接头螺纹座拧入电缆穿舱件中间衬套的内螺纹孔中,通过压紧环状密封垫圈实现端面气密封;同时可在螺纹拧紧前涂上环氧树脂胶起双重保险;3个密封圈对细长杆起辅助支撑作用。

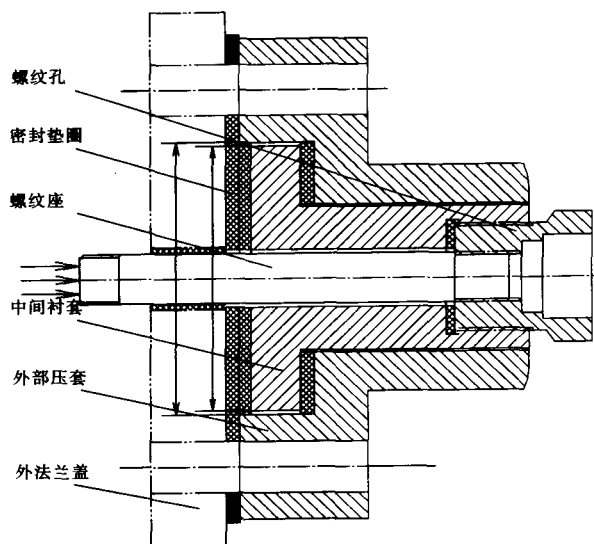


图2 焊接电缆穿舱密封结构

2.2 焊机测控电缆穿舱高压密封

焊接机头测控电缆通过定制的特殊穿舱圆形连接器统一实现高压密封穿舱。

圆形连接器型号为:插头YB3476L24-61SNII,插座TYB3449H24-61PN。圆形连接器主要技术参数为:工作温度-55~150℃;芯数61芯;工作电流7.5 A;工作电压600 V;接触电阻 $\leq 0.02 \Omega$;绝缘电阻 $\geq 5\ 000\ M\Omega$;压差为3.0 MPa时的密封泄漏率 $\leq 0.1\ Pa \cdot cm^3/s$ 。

2.3 焊接保护气管

焊接保护气体是通过在盲板法兰上焊接短节穿越高压焊接试验舱供应的。舱内软管直接与焊接机头相连,舱外气管包括2个组成部分,即配备高出口压力减压器和压力软管的焊接气瓶部分,以及由金属管浮子流量计、电磁阀和球阀组成的与盲板法兰短节焊接相连的压力管道部分,通过电磁阀、球阀的旁通组合以及根据工艺需要配备特殊设计的焊枪,可以实现对TIG焊提供单层单一气体保护、单层混合气体保护、双层气体保护等供气方式。

区别于大气环境中实施的焊接,高压焊接保护气体供应采用高出口压力减压器和金属管浮子流量计。

减压器:152型氩气减压器,最大输入压力15 MPa,输出压力0.02~15 MPa,最大输出流量30 m³/h,安全阀开启压力1.2 MPa。金属管浮子流量计:型号SF10-R115ZM1,规格DN15/PN4.0,介质为氩气,仪表进度1.5。

3 高压焊接过程监视技术

高压焊接试验舱设计了用于观察的4个视窗,但是实际使

用表明,无论是场景观察还是焊接过程观察,视窗因为视野的局限基本上无法达到观察效果。为了实现对高压焊接过程的监视、记录,需要采用4套摄像装置,分别应用于高压焊接时的电弧熔池摄像、背面焊缝成形摄像、钨极焊丝摄像和舱内场景摄像。

3.1 高压焊接过程摄像系统总体设计

焊机、工装位于高压焊接试验舱内,而高压焊接过程监视系统由安装在焊机、工装之上的4个摄像机组成,分别应用于电弧熔池摄像、钨极焊丝摄像、背面焊缝摄像和场景摄像。电弧熔池摄像机与背面焊缝摄像机采用相同规格的摄像机和镜头,共用1套软件,其中前者配备特殊规格的滤光片。舱内的场景摄像采用监视器监视。

3.2 高压焊接电弧熔池摄像试验研究

首先参考有关文献^[4,5]进行常压TIG焊接摄像机及其配件选择试验,然后进行高压TIG焊接摄像机及其配件耐压、图像质量适应性试验从而确定高压环境焊接的器件选择方案。

通过采用工业摄像机、近距镜头、650 nm复合镀膜滤光片获得如图3所示照片,照片表明可以清晰地看到电弧和熔池形态。



图3 常压焊接电弧

但是,将该套摄像装置应用于高压环境时,由于弧柱变窄,亮度增大,关闭舱门前调节好的镜头光圈不再适合。如图4所示,在0.2 MPa时,电弧熔池无法清楚观察,在0.6 MPa时弧光亮度的增加甚至导致图像中心处出现蓝色马赛克,所以需要采用变焦镜头根据弧柱亮度增加在线调整光圈。



图4 定焦镜头、高压焊接电弧 (0.2 MPa, 0.6 MPa)

采用可以远距离线控变焦、调焦、调光圈的变焦镜头进行高压焊接电弧摄像,获得的照片如图5所示,图5表明当环境压力为0.2 MPa和0.6 MPa时,通过置于舱外的变焦镜头控制器来调节镜头焦距和光圈,可以获得比较清晰的焊接摄影图像。这里需要说明的是,在环境压力增至0.6 MPa时,由于焊机参数调整出现故障,使得钨极高度没有及时调整,反映在拍摄图像上的弧柱高度很小,最后导致钨极损毁。图5说明了2个问题,变焦镜头可以解决弧柱亮度随压力增加的电弧摄像质量问题,但是为了解决高压环境钨极烧损的问题,需要采用钨极焊丝摄像装置以在舱外精确调整钨极焊丝相对位置。

TA15 钛合金 A-TIG 焊接头组织和性能分析

熊亮同, 董占贵, 周志刚

(北京星航机电设备厂, 北京 100074)

摘要: 以 CaF_2 与 MgF_2 的混合物为活性剂, 对TA15钛合金A-TIG焊接头组织和性能进行了分析, 并和常规TIG焊进行了比较。结果表明: A-TIG焊能够有效减少气孔数量, 提高接头的抗拉和抗弯性能; 与常规TIG焊相比, A-TIG焊HAZ较窄且组织较细, 而二者的焊缝区组织基本相同; 活性剂的加入并没有降低A-TIG焊接头的耐腐蚀性能。

关键词: TA15钛合金; A-TIG焊; 组织; 性能

中图分类号: TG407

文献标识码: A

钛合金凭借比强度高、耐腐蚀、焊接性良好等优点, 在航空航天领域得到了越来越广泛的应用。A-TIG焊近年来引起了世界范围内的关注。该技术是在焊前将焊接区表面涂敷上一层活性剂, 在相同的焊接工艺参数下, 与常规TIG焊相比, A-TIG焊可以大幅度地提高熔深。目前A-TIG焊方法在国外已用于焊接不锈钢、碳钢、镍基合金和钛合金等材料。与传统TIG焊相比, A-TIG焊能够大幅度提高生产率, 降低生产成本, 同时还可以减小焊接变形, 具有重要的应用前景^[1-3]。

本文以TA15钛合金为试验对象, 以 CaF_2 与 MgF_2 的混合物为活性剂, 从焊缝气孔、接头力学性能、微观组织、接头抗腐蚀性等方面, 将A-TIG焊和常规TIG焊作比较, 对TA15钛合金A-TIG焊的接头组织和性能进行了分析。

1 试验条件及试验方法

1.1 试验材料

试验用材料为TA15钛合金板和TA1焊丝, 试片尺寸为200

mm×60 mm×3 mm, 焊丝直径为1.6 mm。

TA15合金的名义成分为Ti-6.5Al-2Zr-1Mo-1V, 其主要的强化机制是通过 α 稳定化元素Al的固溶强化, 加入中性元素Zr和 β 稳定化元素Mo和V, 可以改善其工艺性, 该合金的 $w(\text{Al})$ 为6.58%, $w(\text{Mo})$ 为2.46%, 属于高Al的近 α 型钛合金^[4]。

活性剂配方为 CaF_2 和 MgF_2 的混合物。

1.2 试验设备

焊接系统由美国Jetline自动焊接设备和琴键式纵缝焊接夹具组成, 该系统配有弧长控制器, 具有弧长自动控制功能。为防止钛合金氧化, 采用喷嘴、正面拖罩、背面3路充Ar对熔池、焊缝及近缝高温区进行全方面保护。

1.3 试验方法

将粉末状活性剂用丙酮混合成悬浊液, 用扁平毛刷将其均匀涂敷在试件待焊表面, 涂敷层厚度0.3~0.5 mm。待丙酮完全挥发后, 再进行焊接。

所有试片焊前均经过严格酸洗, 酸洗溶液配方为 $\varphi(\text{HF})$ 3%+ $\varphi(\text{HNO}_3)$ 35%+ H_2O , 酸洗时间2 min。涂敷活性剂前, 用丙酮擦拭待焊区。

收稿日期: 2005-05-30; 修回日期: 2005-06-29



图5 变焦镜头、高压焊接电弧 (0.2 MPa, 0.6 MPa)

参考文献:

- [1] 国家“十五”863计划重大专项指南[Z]. 2002.
- [2] 陈家庆. 高压焊接试验舱的设计及其关键问题研究[J]. 石油矿场机械, 2004, 33(3): 1-5.
- [3] 周灿丰. 高压TIG焊接技术及其应用研究[J]. 焊接技术, 2004, 33(5): 34-35.
- [4] 石 玢. 铝合金MIG焊正面熔池图像视觉传感与处理[J]. 中国机械工程, 2005, 16(2): 176-179.
- [5] 曹一鹏. CO_2 短路过渡焊接熔池图像传感器[J]. 焊接学报, 2004, 25(2): 1-5.

作者简介: 周灿丰 (1970—), 男, 教授, 主要研究方向为水下焊接、测控技术与仪器。

4 结论

高压焊接试验结果表明, 设计的线缆穿舱高压密封装置可以应用于高压焊接, 采用已进行针对性选择的摄像机、变焦镜头、650 nm复合镀膜滤光片的组合可以获取高压焊接电弧熔池的清晰图像。