

# 不锈钢球阀自动堆焊机的设计\*

张 辉 冯晓宁

(嘉兴学院机电工程学院, 浙江 嘉兴 314001)

**摘要:**设计了一种焊接不锈钢球阀的自动堆焊机,主要由焊接机器人、焊机及变位机组成,能够直接在具有复杂空间表面的碳钢球体上自动地完成不锈钢层的堆焊。经过试验,自动堆焊机焊接的不锈钢球阀质量满足技术要求。

**关键词:**球阀 堆焊 焊机 变位机

**中图分类号:**TG439.2 **文献标识码:**A

## Design of an Automatic Welding Machine for Stainless Steel Ball Valve

ZHANG Hui, FENG Xiaoning

(Mechanical and Electrical Engineering College, Jiaxing University, Jiaxing 314001, CHN)

**Abstract:** This paper presents an automatic surface welding machine of welded stainless steel ball valve, mainly composed of the welding robot, welding machine and positioner. It automatically complete the surface welding of stainless steel layer of a complex space surface of the steel ball. After testing, the valve welding quality of stainless steel ball by the automatic surface welding machine meet the technical requirements.

**Keywords:** Ball Valve; Surface Welding; Welding Machine; Positioner

不锈钢球阀主要应用于高温、高压或具有腐蚀性的环境中,特别是在石油化工、天然气输送、核电、电厂等行业,使用非常广泛。并且产品品种和数量仍在继续扩大,并且阀门的尺寸越来越大。

近年来,我国为许多国外客户制造了大量的不锈钢球阀。其中,国外提供的大尺寸不锈钢球阀图纸中,球阀的球体均采用双层金属结构,里面是锻钢,表面堆焊3~10 mm厚的不锈钢材料层,重量不到总重量的

液压缸行程有微小变化即可以引起抱辊位移较大的变化。

### 3 结语

通过对某大型辗环机抱辊系统的动力学分析发现,抱辊抱角随环件直径增大而减小,当环件外径大于6 000 mm后,抱角较小致使环件轧制的稳定性变差;且环件直径不同时,抱角随直径变化的灵敏度也不同。随着环件的增大,液压缸行程逐渐增大;当环件直径大于4 500 mm后,液压缸行程变化对环件半径变化的灵敏度提高。为提高环件尺寸精度,需要进一步提高液压缸位移精度。

### 参 考 文 献

[1]潘利波,华林,钱东升,等. 环件辗扩过程的抱辊控制工艺及设备的研究[J]. 机械设计与制造,2007(1):95-97.

[2]T. Lim, I. Pillinger, P. Hartley. A finite-element simulation of profile ring rolling using a hybrid mesh model[J]. Journal of materials processing technology, 1998, 80/81: 199-205

[3]李昶. 环件轧制中抱辊对环件圆度误差影响规律研究[D]. 武汉: 武汉理工大学,2009.

[4]王艳丽,许树勤,汤速. 环件轧制模拟中抱辊的定位研究[J]. 特种成形,2007(4):71-73.

[5]解春雷,李尚健,黄树槐. 辗环过程动力有限元分析中的抱辊约束锻[J]. 锻压机械,1997(5):13-15.

[6]颜士伟,余世浩,陈学斌,等. 环轧机形位辊系统动力学分析[J]. 锻压装备与制造技术,2006,41(1):89-91.

[7]M. R. Forouzan, M. Salimi, M. S. Gadala. Three-dimensional FE analysis of ring rolling by employing thermal spokes method[J]. International journal of mechanical sciences, 2003, 45:1975-1998.

(编辑 余 捷) (收稿日期:2010-06-27)

文章编号:110217

如果您想发表对本文的看法,请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。

\* 嘉兴市重点实验室开放课题(JD2009C03)

5%,大大节约了不锈钢,显著降低了阀门造价<sup>[1]</sup>。但是目前国内只能自动堆焊直线焊道或圆型焊道,不能堆焊球面焊道,迄今为止没有不锈钢的球体自动堆焊机,因此我国没有能力生产堆焊型不锈钢球阀,只能为外商制造出不锈钢阀门的锻钢球体,然后由外商在国外堆焊不锈钢材料层,高价销售,甚至返销到国内。

研究阀门自动堆焊技术是阀门堆焊技术的突破,具有显著的经济价值和应用推广前景。提高焊接装备的自动化和智能化水平,必须使用焊接机器人系统。焊接机器人在焊接生产中可显著提高焊接质量和生产效率,保证焊接过程的稳定性和产品的一致性,降低劳动强度,满足柔性化生产的要求。

## 1 自动堆焊机的研究目标

### 1.1 焊接技术现状

我国堆焊技术专家在阀门密封面的堆焊方法方面做出了积极的研究,在堆焊基础理论的研究方面与国外工业发达国家相比并不逊色,但焊接装备的自动化和智能化水平、精密高效堆焊技术的开发应用、计算机技术及模拟仿真技术在堆焊技术中的应用水平等方面与国外存在相当差距。

我国在阀门自动堆焊方面依然处于落后水平。近年来,只有少数阀门专业厂家开始应用焊接机器人进行阀门堆焊,但仅限于平面的堆焊,严重制约了我国不锈钢球阀在国际市场的竞争力。因此满足阀门产品的国内外市场需求,重视阀门制造业存在的问题和差距,加快应用高新技术推进阀门产品的不断更新,为各行业提供技术先进的阀门制造设备与技术,是阀门企业在竞争中求生存,求发展的唯一途径<sup>[1]</sup>。

### 1.2 不锈钢球阀参数

普通焊接型不锈钢球阀球体基体母材为低碳钢,堆焊层材料为奥氏体不锈钢,堆焊层厚度范围3~10 mm,堆焊球体直径范围200~800 mm,球体最大重量为1 t。如图1所示具有代表性的不锈钢球阀,球体表面由球面、圆柱面、平面等组成。球阀公称通径DN为20英寸,压力为5~10 MPa,球体直径729 mm,内孔直径495 mm,球体材料A103锻钢(美国ASME标准),全部表面均堆焊奥氏体不锈钢,堆焊层厚度精加工后尺寸为6.5 mm。

### 1.3 自动堆焊机焊接技术要求

自动堆焊机能够在复杂空间表面的碳钢球体上高度自动化地完成球阀球体不锈钢层的堆焊工作,特别是大型不锈钢球体的堆焊工作,形成具有知识产权的技术。

①不锈钢球阀的球体表面是一个由球面、圆柱面、平面等多种空间表面组成的复杂空间表面,焊接过程中,自动堆焊机必须保证焊枪能够到达任何一点空间位置。

②焊接过程中熔化的液态金属会自由流动,为保证焊接过程中溶池中液态金属在冷却凝固过程中稳定,焊接时要保持液态金属始终处于水平状态。

③自动堆焊是一个连续大面积堆焊过程,要保证多层多道方式焊接的质量。

④确定正确的焊接材料和焊接工艺,满足相关技术要求,保证在碳钢基体上形成牢固致密无缺陷的不锈钢堆焊层。

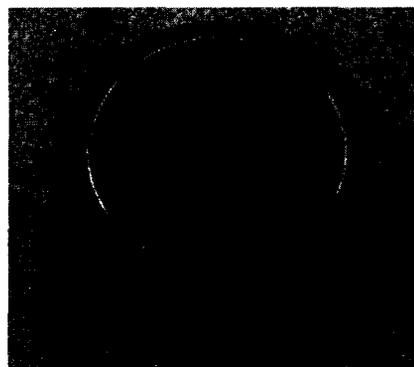


图1 阀门球体

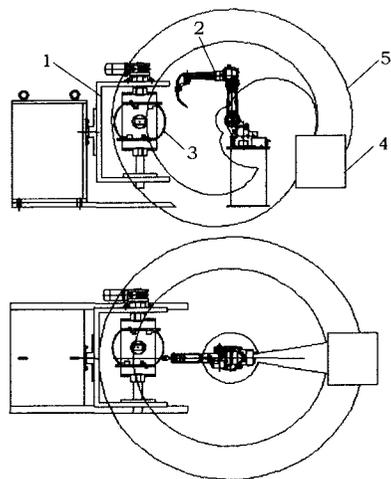
## 2 自动堆焊机的设计方案

图1所示不锈钢球阀的球体形状为最典型的一种。以图1球体为对象,进行不锈钢球阀自动堆焊机的设计。自动堆焊机主要由焊接机器人、焊机及变位机组成,其中,焊接机器人6轴,变位机2轴,通过控制系统实现8轴联动。焊接时,通过焊接机器人手臂的移动和变位机轴的转动合成空间表面的协调运动,保证焊枪能够到达空间表面任意一点位置,满足不同位置的焊接要求和多层多道焊接方式,保证焊缝中点始终处于水平位置最低点,使每一条焊缝都在接近水平位置焊接,使熔池有充分时间凝固结合<sup>[2]</sup>。

自动堆焊机采用自动堆焊工作站形式。通过对图纸的分析,其堆焊部位主要分为外球面,内圆柱面,两端外圆柱面及两端面;可供夹持的有内、外圆柱面,可供定位的为内外圆柱的端面。针对球体的结构形式,自动堆焊机采用“焊接机器人+双轴联动变位机”的结构形式,其设计如图2所示。

焊接机器人选用进口6轴弧焊机机器人,焊机采用全数字逆变控制直流脉冲CO<sub>2</sub>/MAG/MIG焊机;变位

机采用双数控轴,通过伺服电动机控制;数控轴作为机器人的外部轴,由编程器进行统一编程,使球体翻转与焊接机器人协调控制,以满足复杂空间表面的自动堆焊工作。设备配置清单见表1。



1—双轴联动变位机；2—焊接机器人；  
3—球体；4—焊机；5—焊接范围。

图2 自动堆焊机设计图

表1 自动堆焊机的设备配置清单

名称	设备组成
弧焊机器人系统	①机器人本体；②机器人控制柜；③机器人编程器
焊接系统	①全数字逆变控制直流脉冲 CO <sub>2</sub> /MAG/MIG 焊机；②焊接电源；③焊枪及防碰撞传感器；④送丝机构
双轴联动焊接变位机	①2套伺服电动机及驱动；②2套精密减速机；③外部轴控制软件；④双轴焊接变位机主机

### 2.1 焊接机器人

进口6轴弧焊机器人(图3)采用新型交流伺服电动机,具有结构紧凑、高输出、快响应、高可靠性等特点。最大可搬运质量6kg,重复定位精度±0.08mm。机器人焊接过程中,只要给出焊接参数和运动轨迹,机器人就会精确重复此动作,焊接质量相当稳定。当焊接对象改变时,只要更改调用相应的程序命令,就可以焊接新的产品。

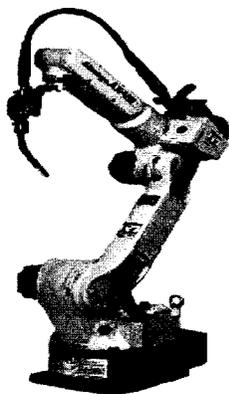


图3 焊接机器人

机器人系统配有大屏幕彩色LCD显示的示教编程器,具有在线焊接参数修改和故障自诊断显示功能。

可进行焊接参数和焊接电流、电压波形的实时显示和参数修改,还可进行程序、参数、输入、输出的多窗口同时显示,及进行内部SOFT-PLC的梯形图编程。

### 2.2 焊机

焊机采用焊接机器人专用全数字逆变控制直流脉冲CO<sub>2</sub>/MAG/MIG焊机(图4),可以同时满足高质量的CO<sub>2</sub>/MAG/MIG焊接和直流脉冲MAG/MIG焊接,可焊接碳钢、低合金钢、镀锌钢板、不锈钢、铝和铝合金、铜、镁钛等。

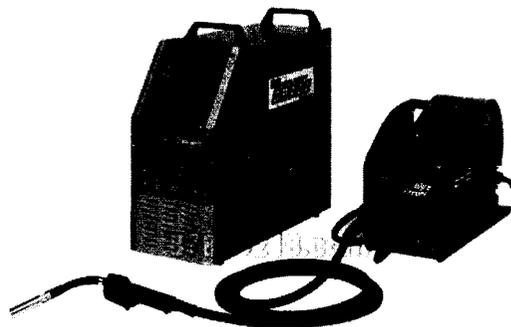
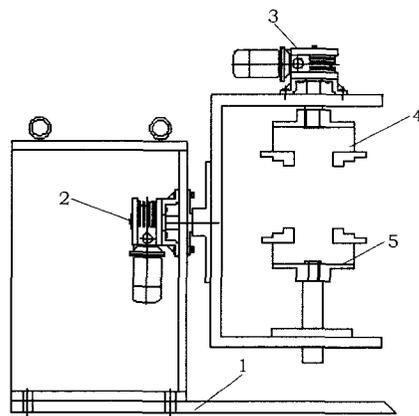


图4 焊机

焊机使用进口32位微电脑控制,具有先进的控制方式,焊接参数精确稳定,飞溅小,焊缝成型美观,焊接质量好。机器人控制系统通过焊机内置的CAN-BUS接口与其相连,在编程器上可完成各种焊接参数的输入,实时显示焊接参数。内部存储30套经优化的标准焊接规范参数,操作人员可根据焊丝直径、母材材质、保护气体来调用焊接参数。

### 2.3 变位机

变位机用于球阀的旋转变位,与焊接机器人配合联动控制焊接工件。因为球阀的重量最重达1t,所以



1—安装底座；2—翻转轴；3—旋转轴；  
4—三爪卡盘；5—可调节三爪卡盘。

图5 变位机

变位机采用卧式设计,如图 5 所示。采用三爪卡盘和专用工装夹紧或撑住工件球阀球体,通过翻转轴和旋转轴的组合运动保持球体焊接位置始终处于水平位置实现复杂空间表面的堆焊;变位机必须能够夹持球阀球体进行两轴旋转运动,并与 6 轴机器人配合完成焊接全过程。

变位机采用两个全数字交流伺服电动机驱动的数控轴,数控轴能够作为机器人的第 7 轴和第 8 轴外部轴,通过控制软件由机器人本体进行统一编程联动控制焊接工件。采用进口高精度减速机进行减速,重复定位精度与机器人相当。双轴联动焊接变位机的技术参数见表 2。

表 2 变位机系统的技术参数

项目	技术参数
可焊工件有效长度/mm	≤800
可焊工件重量/kg	≤1 000
工件翻转角度/(°)	±180
工件旋转角度/(°)	360
工件翻转速度	外部轴控制,与机器人速度协调

### 3 焊接工艺参数的试验研究

焊接工艺采用 MIG/MAG 气体保护焊接工艺。MIG/MAG 焊是采用金属焊丝作为电极(熔化极),以惰性气体保护焊接熔池,以恒定速度送进焊丝,在焊丝与母材之间形成高能电弧从而使焊丝和母材熔合的焊接方法。相对于其他焊接方法,具有熔敷效率高、成本较低、容易实现自动化控制和易于实现小面积焊接、电弧易于观察、容易对焊接的整个过程质量进行调控等优点<sup>[1]</sup>。

不同技术要求的球阀它的焊接工艺有所差别,确定合理的焊接材料、电弧电压、焊接电流、焊接速度、保护气体流量等参数才能制造出合格的产品。焊丝材料的类型也要根据球阀的使用要求和焊接要求进行选择。采用实芯不锈钢焊丝堆焊时,保护气体选用 98% Ar(氩气)+2% O<sub>2</sub>(氧气)的混合气,采用药芯不锈钢焊丝堆焊,保护气体选用 CO<sub>2</sub>(二氧化碳)。

以图 1 球阀球体为例说明焊接基本工艺。因为焊接后球体经过机械精加工,堆焊层厚度不小于 6.5 mm,故采用 2 层堆焊方式;第一层采用小规范、快速度以减小稀释率,堆焊 3~4 mm,第二层采用稍大规范,堆焊 5~6 mm,使总堆焊高度达到 9~10 mm。采用实芯不锈钢焊丝时,焊接工艺参数如下:第一层堆焊直径

φ1.2 mm 的 309L 实心焊丝,第二层堆焊直径 φ1.2 mm 的 316L 实心焊丝。保护气体采用 98% Ar(氩气)+2% O<sub>2</sub>(氧气),气体流量 12~15 L/min。焊接电流  $I=220\sim240$  A,电压  $U=23\sim25$  V,焊速  $V=30\sim40$  cm/min。图 6 为全焊接球阀球体实物图。



图 6 全焊接球阀球体

不同产品的的焊接工艺参数不同,焊接工艺参数的选择通过进行大量的焊接试验获得,需要对比不同参数对焊接效果的影响,才能获得正确合理的焊接工艺参数。

### 4 结语

本文设计的自动堆焊机可以焊接大型不锈钢球阀产品,能够实现球面的自动堆焊,也能够实现圆柱面、平面等其他形状表面的堆焊。因此,自动堆焊技术具有通用性,不仅可以满足球阀,而且可以满足其他多种阀门的堆焊工作。我国每年需要大量的大型不锈钢球阀,使用自动堆焊机在碳钢球体上堆焊不锈钢合金层,可以节省大量贵重合金材料,显著降低制造成本,提高我国阀门行业的竞争能力,因此具有显著的经济效益和社会效益。

### 参 考 文 献

- [1]陶国庆,等.长输管线用全焊接球阀焊接工艺[J].阀门,2009(5).
- [2]于忠海.球形封头自动堆焊数学模型的建立[J].焊接学报,2003(3).
- [3]何文平,等.球面环状密封带堆焊工艺分析及焊接双变位机的设计[J].煤矿机械,2007(7).

第一作者:张辉,男,1977年生,工程硕士、实验师,研究方向为机器人和先进制造技术。

(编辑 吕伯诚)

(收稿日期:2010-06-20)

文章编号:110218

如果您想发表对本文的看法,请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。