

卧式注塑机油箱自动化焊接工艺设计与研究

朱玉田¹, 吴悠², 高世权², 管敏超²

1. 同济大学 上海 20092

2. 海天塑机集团有限公司 浙江宁波 315800

摘要: 油箱是卧式液压注塑机的基础组成部分, 随着注塑机生产规模越来越大, 自动化焊接的需求日益增长。通过对焊丝、焊接工艺方式、焊接顺序等进行分析, 并进行焊接试验验证以及对试验结果进行分析, 得到了一种卧式注塑机油箱低成本模式自动化焊接的可行性方案。实现了运用自动化焊接替代人工焊接卧式注塑机油箱的目标, 生产效率提升了两倍, 为企业取得了很好的经济效益。

关键词: 注塑机; 油箱; 自动化焊接; 焊接工艺

1 序言

国内注塑机行业限于成本与生产批量的问题, 大多采用手工进行装配以及焊接作业, 自动化水平很低。并且传统的手工焊接, 虽然灵活性较高, 但生产费时费力, 焊接质量受限于焊工操作水平, 不稳定, 不均匀焊接、虚焊等问题时有发生^[1]。因此采用自动化焊接, 能实现高效生产、降低劳动强度、节约成本、改善作业环境, 提升企业核心竞争力, 实现可持续性发展。

卧式注塑机是一种特定行业特种材料(塑料)加工设备, 作为其中一个组成部分——油箱(见图1), 可以借鉴已经成熟的自动化焊接方案。

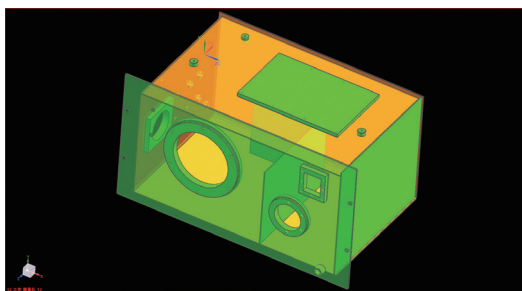


图1 注塑机油箱

刘彦丽等^[2]用机器人自动化焊接解决原来手工焊接质量不稳定导致的外柴油箱渗漏问题。丁刚^[3]设计了机壳变压器油箱焊接生产线工艺过程, 对生产线中的各部分工艺进行了分析, 研究了油箱焊接生产线的工位设计。

2 油箱的结构分析

(1) 油箱的组成零件功能及板材分类 油箱除法兰外, 材质为Q235A, 厚度一般<6mm, 即以中薄板为主, 结构简洁: 2件折弯板+2件平板就构成了主体框架, 再根据功能要求设置外接法兰即可, 如图2所示。

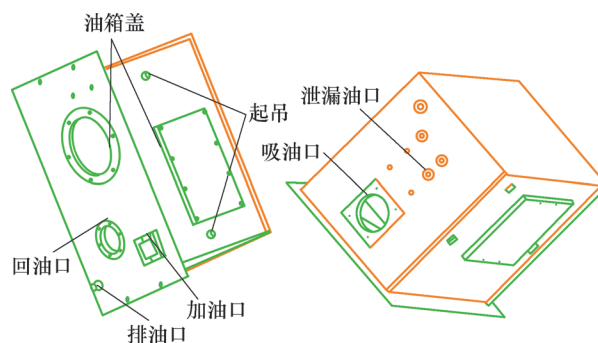


图2 注塑机油箱功能设置

(2) 油箱结构分析 已经整体组装的油箱, 在一定的自动化设备下, 仍会有遮蔽现象, 造成无法焊接的问题。机器人用标准焊枪, 对工件内部空间尺寸有所要求, 为防止机器人与工件干涉, 焊枪与工件之间具有一定的安全距离, 如图3所示。

根据机器人的外形, 干涉处主要是凸出的法兰零件间、法兰与油箱安装面平板间, 这些位置在设计时需要考虑并结构优化。



图3 油箱法兰接头与平板间距过小

3 油箱的自动化焊接工艺分析与试制

3.1 试制试验意义

生产需求是否能由现有设备满足, 是否需要新的专用设备, 新的专用设备会面临怎样的工况, 自动化的生产需求是否可以套用既定焊接工序, 如何优化既定焊接工序, 最终的自动化效果如何, 这些都需要大量的试验数据进行佐证。

3.2 试制试验目标

结合工艺分析和优化结果, 制定出初步的油箱自动焊接目标。机器人焊接比例占油箱全焊缝98%以上; 因为部分位置仍有自动焊困难或漏油可能的问题, 所以人工补焊还是无法避免。

3.3 试制试验焊接工艺分析

选取中间档的油箱作为试验及分析机型。借鉴其他自动化焊接研究的成果, 试制试验需对焊丝、焊接方式、焊接工艺、焊接顺序等方面进行选择。

(1) 焊丝的选择 根据章正^[4]对焊丝选择进行的分析, 丁连征^[5]对药芯与实芯焊丝进行的焊接分析可知, 药芯焊丝会干扰电弧跟踪器, 且进行角焊时容易出现气孔, 影响生产效率; 不适于自动化焊接。因此, 试制试验选用实芯焊丝, 采用脱氧剂来防止产生气孔及减少飞溅。飞溅只能减少, 无法消除, 故试制试验仍需设置自动清枪剪丝机构。

(2) 焊接工艺方式的选择 油箱的首要技术要求为密封性, 必须采用连续焊形式完成。连续焊之前的组立焊点间距保持在250mm。试制试验为使自动焊接过程连续性得到保障, 减少更换焊丝的频次, 需设置大容量焊丝筒。

焊缝的焊脚尺寸均在5mm内, 从提高焊接效率考虑, 所有油箱的焊道均为单道焊接。由于角接试

板焊接可以达到单面焊双面成形的效果, 且在较大电流(180A)时, 反面成形较饱满、连续, 因此试验将采用较大电流, 加快焊接速度, 在一定程度上克服油箱不能在内部焊接的缺点, 具体焊接参数见表1。

表1 焊接参数

焊丝牌号	焊丝直径/mm	保护气体	焊接电流/A	焊接速度/mm·min ⁻¹	电弧电压/V
ER50-6	1.0	80%Ar+20%CO ₂ 混合气体	170~180	400~420	25

(3) 焊接顺序的选择 顺序1: 整体一次组装完成, 单面焊双面成形。

顺序2: 油箱留一个面不组装, 先焊接油箱内部焊缝, 再进行二次组装盖面, 并焊接油箱外侧焊缝。

顺序1的优势在于一次组装成形, 特别适合机器人自动化焊接, 相应的劣势也很明显, 由于油箱作为储油容器的属性, 密封性是首要条件, 单面焊双面成形能否确保不漏油是该方案成败的关键。

顺序2则刚好相反, 虽然通过双面焊接来确保油箱的密封, 但非常不利于大规模生产, 二次组装生产线布局繁琐, 零件流转周期增加, 导致整体生产效率大幅降低。且在第一次焊接油箱内部时, 由于单面开口刚度不如整体组装的油箱, 焊后更容易发生内凹变形, 因此需要增加额外的支撑架, 并在二次组装时拆除, 这会进一步影响自动化焊接效率。

综上所述, 顺序1更适合于机器人自动化焊接, 而单面焊双面成形的技术可以尝试, 因此确定顺序1为本油箱最终试验工艺, 试验目的之一是确认油箱焊后的密封和变形合格。

3.4 试验结果分析

(1) 焊接变形 研究表明: 构件想要同时获得较小的焊接变形与焊接应力非常困难。在焊接时, 油箱受到工装固定夹紧, 即较大拘束时, 焊后的变形小, 但相应的残余应力会加大。相反, 在焊接时, 虽然减少装夹的刚性固定, 油箱的焊后残余应力能得以控制, 但焊后将出现较大的变形量(见图4), 甚至在焊接过程中就会出现焊枪的定位偏差, 直接影响自动焊接的连贯性^[6], 此举将导致自动焊接中断。故在自动焊接过程中, 还是会优先注重焊接变形。

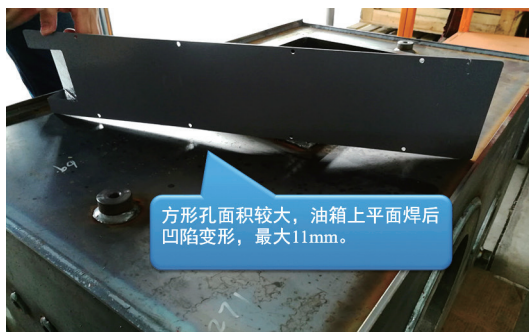


图4 焊接试验焊后变形

薄板焊接变形分为整体与局部。整体变形是指焊接作业完成后整个结构的比例与尺寸等大参数发生的变形，包括横向变形、纵向变形、弯曲变形和扭曲变形等。局部变形则包括波浪变形和角变形。其中角变形是指在焊后使得两连接件的相对角度发生了变化，这是由于接头处沿板厚方向温度不均匀分布造成横向收缩不一致引起的。

第一次试焊后测试油箱长宽高三个尺寸变化量及六个平面的变形情况，结果总长度宽度与高度尺寸增加0~1mm。平面的变形则是，其中5个平面的变形均在1~4mm，最大变形出现在带方孔的上平面，整个上平面呈向下凹陷状态，最大变形处位于平面的中心附近，达到11mm，这属于典型的焊接角变形。造成这种现象的主要原因是油箱采用外侧单面焊接，导致厚度上的不均匀收缩。角变形大小的直接影响因素是钢板的刚度（板厚与缺口）和温度不均匀分布的程度（焊接速度、热输入和熔深等）。相比较其余平面，此上平面由于开了大面积的方形孔，刚性最差，最大变形处既是平面刚度最差的部位，又是方形孔的角变形处，两者叠加导致。

从焊缝来看，油箱的接头均属于角焊缝，T形接头，焊接熔深已处于较低水平，熔深过浅则容易导致油箱出现漏油，且板厚直接影响材料成本和油箱容量难以变动，便需要从提高油箱结构刚度和减少热输入及优化焊接顺序等着手解决此问题。

第二次试焊时，调整油箱的焊接顺序，先焊接平面四周连贯的边焊缝，再焊接平面上的方形孔，同时减少方形孔的焊接电流和机器人焊枪移动速度，并增加方形孔的焊缝点焊位置，焊点间距缩小至200mm以下，且焊前将此法兰与盖子采用螺钉初步固定，以提高其刚度，焊后此面变形最大量检测为4mm。

(2) 焊缝外观质量 焊缝为非常均匀美观的鱼鳞纹，如图5所示。焊缝外表面有杂质浮点，能用铁棒轻易敲下，并且焊缝周围的飞溅控制的较为理想，在后续的喷丸工序中可以去除。这是采用船型焊的优势。欧阳帆^[7]研究对比了船型焊与平角焊的区别，得出船型焊可以克服平角焊产生的咬边、焊脚不均匀等缺陷，焊接效率更高。



图5 焊接试验焊缝质量

(3) 焊缝渗漏质量 根据注塑机油箱的使用压力，选择煤油涂刷法来检测。采用毛刷蘸上煤油后，涂刷于油箱内部的焊缝及周围5mm范围，特别是油箱的直角焊缝搭接处，等待10~15min，观察油箱外表面是否有液态煤油渗漏。

一次试验焊后发现除了包角处理的两个角落未渗油，其余6个角落都渗油；而焊缝连续处都正常，如图6所示。分析原因，应该是焊缝与焊缝衔接的接头处容易出现未焊透的缺陷，从而产生漏油，特别是两条垂直焊缝或三条垂直焊缝交叉的油箱顶角处渗漏的可能性更大。在人工焊接时可以焊后肉眼观察并对接头进行磨后补焊，但从自动焊接角度看，焊接机器人虽然高效但无法自检焊接效果。显然不能使大批量的漏油油箱留到焊后检查返工，否则自动化生产效率将得不到体现。解决办法是在自动焊接时，焊枪配合油箱变位装置，使焊缝圆滑过



图6 焊接试验漏油改进前后对比

大直径螺柱横焊技术研究

朱环

安徽理工大学 安徽淮南 232001

摘要：由于熔池受重力影响，大直径螺柱横焊焊接质量差，这一直是困扰螺柱焊应用的一大难题。从陶瓷环结构和焊接工艺两个方面，提出大直径螺柱横焊焊接质量差的解决方法，为大直径螺柱横焊的推广应用提供了依据。

关键词：螺柱焊；横焊；大直径螺柱

螺柱焊是一种将直径2~25mm螺柱或圆柱状零件焊接到板件（或管件）表面的先进焊接方法，其具有焊接效率高、质量好、成本低等优点，广泛应用于汽车制造、锅炉、管道和工程机械等领域。在工程机械产品结构中，有大量用于安装液压管路、电器线路的安装座或螺纹孔，传统方法主要是板上攻螺纹或人工焊接带有螺纹孔的安装座，生产效率低、成本高，而应用螺柱焊则可取代这些传统工艺，实现安装连接部件的高效加工。但是大直径螺柱横焊时，由于熔池受重力影响向下流动导致焊接

质量差，直接影响了螺柱焊的应用。本文从螺柱陶瓷环结构和焊接工艺两个方面分析，提出了大直径螺柱横焊问题解决方法。

1 拉弧式螺柱焊工艺介绍

拉弧式螺柱焊是通过变压器或整流器降压后直接放电，其工作原理与普通电焊焊接类似，电能可以源源不断地释放，可焊螺柱直径为3~25mm，螺柱焊接范围广，因此工程机械行业普遍采用螺柱焊接方式。使用拉弧式螺柱焊机焊接时，先将陶瓷环

渡，尽量减少焊缝的搭接与焊缝数量。并且，直角焊缝在编程时应使后道焊缝在熄弧前多向前搭接5~10mm，确保焊缝完整。

（4）焊接效率 焊接第二件时中间过程较为顺利，基本无停顿，共耗时42min。相比人工焊接，主要是节省了油箱翻转时间，以及人工需休息的时间。

4 结束语

通过对注塑机油箱自动焊接工艺分析，并进行试制试验研究，最终实现了注塑机油箱焊接自动化表面质量优良，焊接变形平面翘曲 $\leq 5\text{mm}$ ，并且自动焊接时间共耗时42min，是手工焊接效率的2倍，实现了减轻焊接工人劳动强度的目的，也取得了很好的经济效益。

参考文献：

- [1] 汤世松.压力机油箱自动化焊接控制系统设计[J].锻压装备与制造技术, 2014 (5): 51-53.
- [2] 刘彦丽, 高金良, 陈泳, 等.外柴油箱机器人焊接工艺技术研究[J].新技术新工艺, 2013 (1): 80-82.
- [3] 丁刚.机车变压器油箱焊接生产线工艺过程的设计与仿真[D].长沙: 湖南大学, 2014.
- [4] 章正.船舶大型结构件机器人焊接关键技术研究[D].镇江: 江苏科技大学, 2009.
- [5] 丁连征.核电AP1000钢制安全壳与附件焊接性及焊接工艺研究[D].太原: 太原理工大学, 2015.
- [6] 庄伟.转向架构架焊接残余应力和变形的控制[J].机车车辆工艺, 2013 (1): 25-26.
- [7] 欧阳帆.双机器人协调运动方法的研究[D].广州: 华南理工大学, 2013.

MW 20200220