



动车组铝合金小部件机器人 焊接工作站的设计与应用

王峰

【摘要】 焊接工艺作为机械制造行业中的重要方法，广泛应用于各个行业，而自动化焊接较人工焊接具有较高稳定性，生产效率很高，应用范围却有局限性。本文主要针对生产批量少，且焊接质量要求高的高速动车组轨道车辆小部件自动化焊接工作站进行研究，创建预热、焊接、打磨一体化的自动化焊接工作站。

目前，自动化焊接被广泛将应用于汽车、铁路、船舶等领域。由于汽车行业产量高，产品批量大，使自动化焊接以其独特的优越性占据了整个汽车行业，而日渐兴起的轨道客车行业，尤其是高速动车组，对自动化焊接的应用也仅限于侧墙、地板等长大焊缝的薄板焊接，即不需要焊前的预热，也没有层间的打磨，自动化的方式也仅限于直线的焊接。由此，本文在此基础上提高了自动化的程度，通过变位机的配合实现产品所有焊缝PA、PB位置的焊接，针对中厚板（ $\geq 5\text{mm}$ ）焊前预热及焊接过程中的层间打磨等进行研究，并以底架KK端阶段二部件产品为案例，讨论了相应的自动化工作站的设计理念及实际的生产应用。

1. 焊接工艺要求

焊接件材质为铝合金，最大尺寸为 $2\ 800\text{mm} \times 1\ 122\text{mm} \times 170\text{mm}$ ，板厚为 10mm ，根据

焊接工艺规程（WPS）要求，主要有以下几个步骤：①焊前需要对工件焊缝区域进行打磨。②料件装夹。③预热，预热温度 $80\sim 100\text{℃}$ 。④焊接，焊接方法为熔化极惰性气体保护焊（131），板对接焊缝为三层三道焊接，层间需要打磨，去除黑灰等杂质，板角接焊缝为单道焊接。⑤焊后打磨，调修。焊缝质量满足铝合金弧焊接头缺陷质量分级ISO10042—B级质量要求，焊缝成形好，平滑过渡，无焊渣、焊瘤、杂质、咬边、凹坑、气孔及裂纹，根部不能有未焊透、未熔合、烧穿等缺陷。

2. 自动化焊接工作站工艺要求

焊接前工件焊缝区域的打磨由人工进行操作，打磨完成后，工人将料件安装到工装上，料件间组对的尺寸要求由工装上的定位销及定位块限位来满足。工件安装好后，工人按下装夹按钮，

工装自动夹紧，工人按下启动按钮后，机器人通过提取预热枪，对施焊的部位进行预热，预热完毕后，机器人自动更换焊枪进行焊接。焊接的轨迹及参数皆由焊接程序来实现，涉及到产品两面焊接的工件，需变位机的配合；多道焊的对接焊缝需要层间打磨，机器人自动更换打磨工具，并执行打磨程序，打磨完成后自动更换焊枪，继续进行焊接。焊接完成后的打磨及调修由人工完成。

3. 工艺布局设计

整个工作站机器人本体在工作站的中心（见图1），两个变位机在机器人的两侧，变位机可进行 360° 旋转，每个变位机夹具平台的A面、B面分别是两种产品的夹具。通过变位机的旋转，可实现产品件PA、PB位置的焊接，以保证焊接质量，并有效的节省了空间，换枪装置及清枪剪丝装置也在外部旋转轴变位机的

内侧,便于机器人换枪及焊枪清理。考虑到操作安全方面,在工作站的四周设置了围栏,围栏由铁丝网和遮弧光板两部分构成,并在两侧装卸区域设置了光栅,工作站在焊接过程中若有人或其他物体接近,工作站就会停止工作。

4. 设备选用依据

焊接电源选用Fronius的全数字化焊机TPS5000,TPS系列全数字化焊机是在逆变电源的基础上,采用数字信号处理器DSP,通过微处理的精确运算来控制焊机的各项性能及工作过程,焊接性能卓越。预热电源选用MagicWave 5000 Job焊机,此焊机可通过计算机加载软件在不改变硬件的情况下,扩展设备功能,可应用于结构钢、不锈钢、双相钢、铝及铝合金、镍基合金、铜及其他材料的焊接或预热。

为满足工件焊缝的可达性好,以及预热及打磨的工艺要求,采用ABB的IRB2600机器人。该型机身紧凑,荷重能力强,设计优化,可灵活选择落地、壁挂、支架等安装方式;操作速度快,精度高,尤其适合弧焊等工艺应用;IRB2600工作范围超大,安装方式灵活,可轻松直达目标设备,不会干扰辅助设备;底座小,可与工件靠得更近,从而缩小整个工作站的占地面积,还为下臂进行正下方操作创造了有利条件。

在变位机的配合下,能满足四种部件的焊接。机器人为模块化设计的IRC5控制柜,其具有安全性高、运动控制技术先进、支

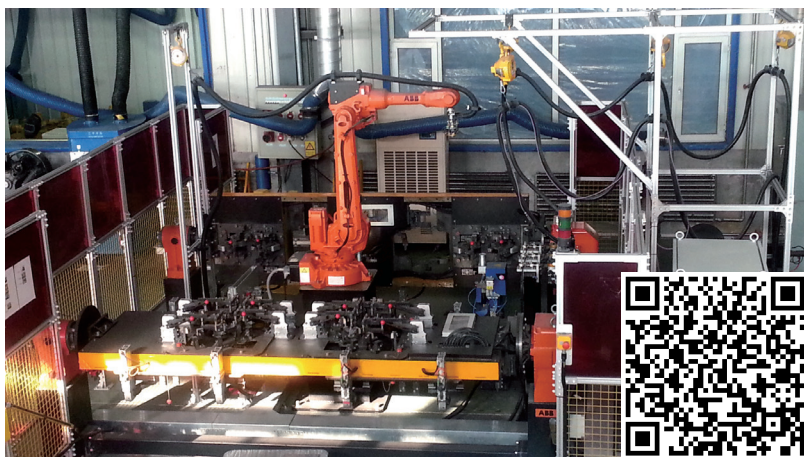


图 1

扫描二维码观看
加工视频

持多种通信方式、支持多机器人协调及6轴防碰撞功能特点。

变位机选用ABB IRBP L工件变位机,可承载重达5000kg的工件(包括夹具),主要部件有旋转机构、旋转机构支架、尾架和支撑梁。IRBP L采用模块化设计,重型活动件少,维护需求小,易于检修。

打磨工具选用ATI的轴向柔性加工工具,也被称为versafinish,是一个强大的、低速,轴向浮动主轴高扭矩气动工具,适用于精加工铝、塑料、钢等。旋转主轴上装有一个工具夹持,可安装研磨刷、钢丝刷、砂纸盘等。工具是以压缩空气作为动力,通过齿轮传动使工作端旋转运动,完成打磨工作。

清枪剪丝设备选用的是BRS—CC清洗机,其结构紧凑,同一个清洗机中集成了三个系统:一是焊枪清洗,能够精确和高效地进行焊枪清渣,气体喷嘴的3点夹持能确保清渣过程中焊枪被夹紧;二是TMS—VI雾化器,能直接经济的喷防溅液可以减少焊渣的附着,降低维护频率;三是DAV焊丝剪断装置,夹

持和剪切动作结合,保证了精确剪丝。

5. 工装设计

工装是自动化焊接工作站非常重要的组成部分,是整个工作站成败的关键。工装的设计主要依据以下几点:①准确、可靠的定位和加紧,减小工件的尺寸偏差,提高工件的制造精度。②有效防止和减小焊接变形。③使工件处于最佳施焊部位(如PA、PB位置),保证焊缝成形性良好,降低工艺缺陷,提高焊接速度。④可以扩大先进工艺方法的使用范围,促进焊接结构生产的机械化和自动化综合发展。

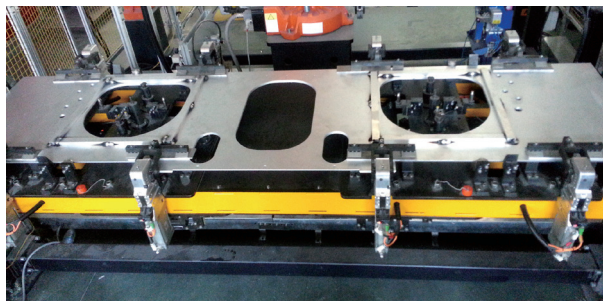
此工作站的四种产品的工装主要采用定位型、强制压紧型、反变形型三种形式。从工装压紧装置的强度和刚度考虑,在焊接过程中承受焊接应力,故压紧支臂选用强度较高的特种钢;为了减小焊接变形量,主要以焊接反变形,及压紧位置两方面来控制,同时,夹紧时不能破坏工件的定位位置,不能与焊枪干涉。在焊接操作灵活性及装焊空间方面,利用变位机的旋转,使每条焊缝具有良好焊接位置及焊接可

达性，保证焊接生产的全过程处于稳定的工作状态。在工件装卸方面，利用定位销及限位装置，工件可以快速装夹，整个工作站的四种产品件仅需一名铆工及一名自动化焊接操作工即可完成全部产品的焊接。

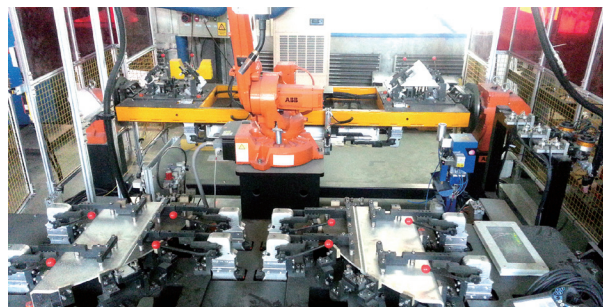
工装采用混合平台设计，实际效果如图2、图3所示。夹具主要采用手动快速夹具及气动夹具，由于部分产品只涉及单面焊接，故可以将夹具平台1的两面分别设计两种单面焊接的产品，即下盖板（见图2a）与外部加强板（见图2b）；焊接夹具平台2的两种产品前端装配阶段一为双面焊接（见图3a），在完成图3a所示的对接焊缝后，需要将工装翻转180°来完成产品背面的角接焊接（见图3b）。另一种接线盒组成（见图3c），由于部件较小，与前端装配阶段一工装在一个夹具平台上，并可避开端装配阶段一的背面焊缝部分，通过平台翻转90°即可完成接线盒组成部件两侧的焊接。这种小件避让的方式，有效地提高了夹具平台的利用效率。

6. 方案的实施与效果

整个工作站仅占用36m²的空间，节省了近40m²的空间；人员方面，节省了3名焊工；焊接质量方面，自动化焊接较人工焊接稳定性更高，由于自动化焊接灵活性高，减少的焊接接头的数量，节省了人工修磨接头的时间；减少了人为因素而造成的废品，但其弊端在于对料件的尺寸要求更加严苛。生产效率方面，自动化焊接的效率比人工速度提高40%。

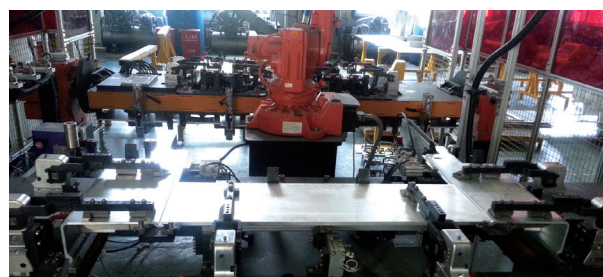


(a)

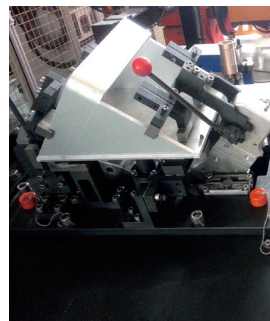


(b)

图2 夹具平台1



(a)



(b)



(c)

图3 夹具平台2

参考文献：

- [1]宋天虎，等. 焊接机器人使用手册[M]. 北京：机械工业出版社，2015.

作者简介：王峰，长春市国凯模具设备修造有限公司，主要从事铁路客车工装模具设计及制造的技术管理工作。

MW 20160524