

基于通用全球制造系统的激光钎焊单元工艺规划与设计研究

黄丹 谢宁 陈梁 沈永飞

(上汽通用五菱汽车股份有限公司 广西 柳州 545007)

摘要: 本文以激光钎焊单元工艺规划及设计为研究对象,以通用全球制造系统的制造质量为基准,主要围绕激光钎焊单元工艺规划及设计进行研究,且系统地阐述了激光钎焊单元工艺规划及设计在实际中的应用。通过对激光钎焊单元的工艺规划、节拍规划、工艺布局、工艺工序、设备选型等的阐述,提出了激光钎焊单元的工艺规划及设计方案。

关键词: 车身制造;通用全球制造系统;制造质量;激光钎焊;工艺规划;设计

0 引言

由于传统电阻点焊技术的焊钳枪体较大,且电极头工作需要一定的机械运动空间,因此在产品设计时需要做结构特征来对焊枪进行避让,导致结构设计上存在诸多限制。同时对于顶盖流水槽或大部分外露焊点需要额外增加覆盖件进行遮挡,从而导致整车成本的增加。

激光钎焊是利用高能量密度的激光束作为热源照射在填充焊丝上,使得焊丝在光束能量作用下熔化形成高温液态金属,并浸润到被焊零件的连接处,与工件间形成良好的冶金结合。激光钎焊技术由于其“肉眼能看到的地方就可以进行焊接”的特性,可以极大地增加结构设计的灵活性,更好地实现设计意图。为了达到卓越制造系统的目的,在把激光钎焊单元引入现有生产系统时,需要满足通用全球制造系统(Global Manufacturing System, GMS)的要求,使得先进的激光钎焊技术能更好地为生产制造服务,输出一流的产品品质。本文基于通用全球制造系统制造质量,在全球不同工厂建立相同产品、相同平台的生产线原则上,从工位的工艺规划、节拍计算、工艺设计、设备选型等方面来阐述,最后对实施满足制造质量(Built In Quality, BIQ)的激光钎焊系统做了经验总结和技术展望。

1 BIQ 原则对激光焊接单元的要求

GMS是由员工参与、标准化、BIQ、缩短制造周期、持续改进共5大元素构成,是将所有制造规范和产品的工程设计联系起来,以一种完全关联的数据模型对制造流程和设计进行管理,在产品的全生命周期环境内进行工艺规划和设计,以达到产品生产周期缩短的要求。

在GMS中,BIQ是衡量整个制造体系对于缺陷的

控制能力,其核心理念是对工作单元、工位、整线和工厂进行缺陷预防,通过对整个制造工艺过程进行系统性的设计和规划,对整个生产制造链上的资源进行合理分配,从人-机-料-法-环等方面进行合理优化,减少产品缺陷的产生,同时又有对缺陷的捕捉能力,一旦缺陷发生,能够及时进行锁定,使缺陷能够在工位暴露并及时得到解决。激光钎焊单元基于GMS & BIQ中的制造程序认证、生产系统旁路能力、生产的检验和返修能力这三个方面上进行工艺规划及设计,从而达到GMS的产品质量标准。

2 单元工艺规划与节拍计算

2.1 单元工艺规划

工艺规划是根据质量标准文件,确定产品的装配顺序及方式,合理分配相应的操作时间。工艺规划在整个生产线的设计过程中有着重要的意义,其对车身焊接质量、焊接过程的可操作性起着决定性作用。如果工艺规划不合理,将影响到整车的质量,甚至会影响到整个方案的实施,从而影响到项目的开发周期及投资成本。

基于某工厂已有的生产线,改造传统电阻点焊技术使用激光钎焊新工艺,有效减少生产线改动的同时又能满足项目生产需求。根据现有车身生产线的工艺流程进行分析,顶盖激光钎焊可以考虑在总拼线或者公共补焊线来进行改造实施。改造前顶盖是在总拼线上件后,采用电阻焊进行前后位置的定位,如在总拼线上改造实现顶盖激光钎焊,白车身的运行位置短,可避免或减少造成尺寸变异因素,零件匹配精度相对高。如果将顶盖激光钎焊工位规划在公共补焊线上,既实现了跨平台车型的共用提高激光焊利用率,又能降低设备投资成本在单车成本中的占比。但顶盖预焊后运行位置长,不可控因

素多,零件匹配尺寸精度潜在变异风险高。因此在综合成本、质量及共用性等以上因素考虑,该工厂将顶盖激光钎焊工位规划在总拼线上实施。

2.2 节拍计算

生产节拍是根据规划部门对车型年产量及产品生命周期的规划来确定。它是由夹具的动作时间、搬运及装配时间、焊接时间、线体的输送时间等组成,节拍是每小时生产产品的数量,是衡量产能和生产效率的一个重要指标。某生产线线体的设计节拍为50JPH,线体的运行效率为90%,节拍的计算公式如下:

$$\text{毛单件工时 TT (s)} = 3600 \div \text{节拍} = 3600 \div 50 = 72 \text{ (s)}$$

$$\text{净单件工时 ATT (s)} = \text{毛单件工时 TT} \times \text{运行效率} \\ = 72 \times 90\% = 64.8 \text{ (s)}$$

则生产节拍为64.8s/台。

GMS STD要素中明确规定ATT以满足客户需求和防止过渡生产,并且在一段时间内是不变的以确保标准化工作。根据GMS STD要素中的周期性标准化工作,从白车身开始进入本工位到完成该工位所有操作,并驶出该工位的整个过程所需的时间,即工位节拍。工位节拍必须小于或者等于生产线的节拍方能满足要求。

3 单元工艺设计与激光钎焊系统

3.1 工艺设计

激光钎焊系统项目的实施是在满足GMS & BIQ标准的线体上进行的改造,顶盖激光钎焊单元的工艺设计要遵循GMS & BIQ的以下原则:工艺先进、均衡生产、设备布局紧凑、自动化程度高、生产效率高、流程可控等。BIQ的制造程序的认证需要对整个激光钎焊单元进行过程控制与确认、前馈与反馈、质量管理系统的要求。同时将激光钎焊单元的设备及相互的逻辑都归总到工艺柜内,实现监控各设备的运行状况和参数的调用,实现质量风险的预防能力。在焊接缺陷产生之前进行预警停机来警示生产者过程发生变异,确保及时调整纠偏,对于整个激光焊接单元来说,人-机-料-法-环等相应的元素产生变化时,如钣金搭接尺寸的变化、焊丝的变化、温度的变化、钣金杂质的变化等,整个焊接单元都能够及时预警。焊后的白车身进入到下一个工位,进行人工对焊缝质量进行二次确认检查,能够在第一时间对产品质量进行确认,避免批量的缺陷产生导致大量的返修、严重会导致批量的生产停线和产品报废。

3.2 激光钎焊系统

激光焊单元作为白车身整个工艺链上比较独特的焊接工艺,整个系统主要包含有激光发生器、激光焊接头、工装夹具、机器人系统、送丝机等众多设备构成。整个系统又比较复杂,可影响正常生产的因素多,且查找故障以及缺陷修复的时间比较长,因此整个生产制造过程

中必须具备旁路功能。对于激光钎焊系统核心组件如:激光器、水冷机、机器人、焊接头每一个单元出现故障在短期不能恢复时,需要配置充足的备用资源确保满足质量系统的所有要素的要求。

3.2.1 激光发生器

激光发生器是顶盖激光钎焊系统的关键核心部位,激光钎焊单元工艺独特,设备复杂,为了满足GMS & BIQ标准中的生产系统的旁路能力,本项目使用IPG品牌激光发生器具有两路光闸,关键组件均为一用一备,一旦发生设备宕机后,能够进行切换生产,对于质量的输出不能低于正常生产的需求。激光发生器的选型标准主要考虑生产参数要求及后续维护成本、服务时效,配件供应等因素。例如某车型的顶盖的焊缝长度预计为1600~2400mm,生产节拍为64.8s/台,焊接速度为60~70mm/s,因此要达到最佳的节拍要求,则需要采用4kW激光,来保证项目工艺的安全性和可行性。

3.2.2 焊接激光头

激光钎焊焊接头选用Scansonic公司的ALO3的产品,集成了焊缝跟踪功能的激光焊接系统。是利用焊丝做机械式的焊缝跟踪传感器,所以焊缝路线的参照点就直接位于加工点上,使用伺服电机控制补偿量,确保ALO3可以精准地找到焊缝起始位置,并精确引导激光头沿着焊缝方向进行焊接。

在焊接过程中,在焊丝尖端预设一定的压力,通过偏摆臂侧向偏转角度(Y)±90°实现焊缝侧向补偿,使得焊丝始终贴紧工件的侧壁,同时通过伸缩臂在高度方向作业范围(Z)±5mm实现高度方向的自动补偿,并且将压力实时反馈到控制系统。送丝机构及伸缩臂系统安装在旋转轴上,当焊缝偏离预定轨迹时,压力传感器分析焊丝反馈的压力并发出指令以旋转轴和伸缩臂的运动来实时保持焊丝压力,修正轨迹误差,保证焊缝的焊接效果。避免由于零件的稍许偏差造成焊缝表面不光滑、锯齿边等影响焊缝外观的情况,确保焊缝的完整性,焊缝在焊接过程中的延续性,尺寸、熔深等满足产品前期的设计要求以及后期产品的强度验证,满足GMS的焊接质量要求。

3.2.3 工装夹具

作为关键的工艺设备,激光钎焊单元中BIQ的系统过程能力中要求CPK≥1.33,工装夹具的可靠性、精密能力与稳定输出是保证焊缝质量的前提,同时设备能够满足车型快速柔性生产的能力,保证质量输出在设备切换过程环节受到的影响最小。对于整个激光焊接单元来说,整体的过程能力也需要进行衡量,所以从顶盖激光钎焊夹具、白车身的定位上去重新进行设计的优化,确保整个激光钎焊单元能够具备焊接前以及焊接过程的定位和纠偏能力。

某工厂顶盖激光钎焊所用夹具采用分段式可调节压紧压力的琴键式定位压紧工装(图1),调节时稍微将压块型面调节到顶盖型面以下,保证顶盖在高度方向上能够压紧,同时保证车身顶盖不受压紧力的影响而变形,从而能保证顶盖与侧围的间隙在0.3mm以内,更好的保证焊接性能。采用一套夹具机器人,为了后续车型的导入,减少切换时间,需要在线旁规划设计抓手放置架,线旁可同时放置三个抓手。

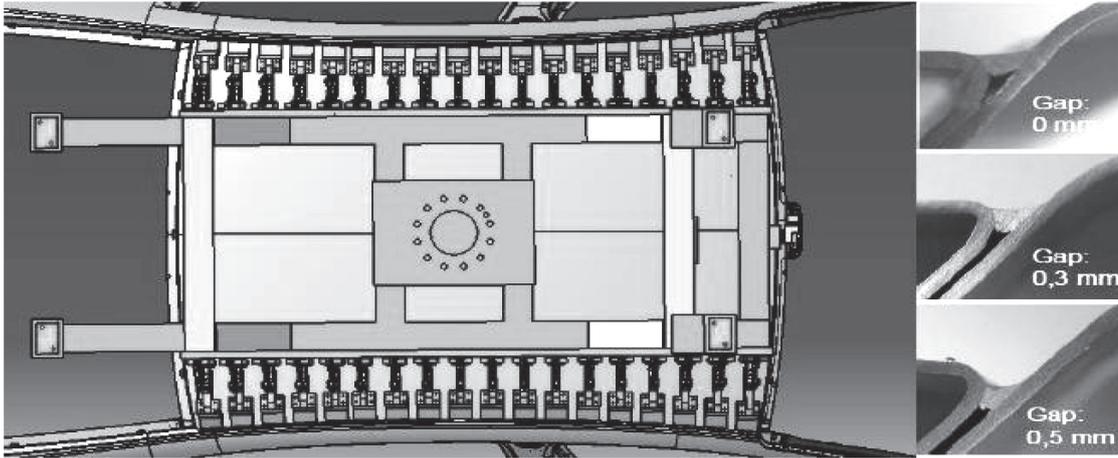


图1 顶盖琴键式压紧工装

为了确保重复定位精度,采用立柱式龙门架来作为琴键式压紧工装的定位基准,通过销和孔保证X/Y方向的定位精度。通过下限位支撑块以及上限位气缸控制Z向定位。同时对于后续不同平台的车型兼容做了柔性的预留。

3.2.4 机器人系统

机器人系统是实现激光钎焊单元自动焊接的关键设备,结合焊缝的长度及生产纲领,该激光钎焊单元需要2台机器人共同来完成,焊接机器人采用的是日本FANUC R-200iB/210F,负责带动激光焊接头执行焊接。采用的1台FANUC M-900iB/400L搬运机器人来进行顶盖定位的转运,以及不同车型顶盖抓手的切换。顶盖处的焊接属于薄板焊接,板件厚度分别<1.0mm,所以通过机器人的运动,根据零件的变化实现焊接轨迹点与参数的一一对应,实现对焊接热量的精准控制,减小焊接热变形,保证焊接后的钣金变形量,使得焊缝以及钣金表面在成品车上能有很好的感观质量,从而达到GMS的产品质量标准,满足到客户的要求。

4 结语

本文从工艺规划及设计、节拍计算、设备选型等方面,详细介绍了公司首款顶盖激光钎焊的实施进行探讨。用于取代电阻点焊的传统工艺,实现了焊缝的连续性和精细均匀的美观性,可以不需要额外覆盖件遮挡以及涂

装的刮胶,单台整车可以实现降低成本40~60元。生产线兼容同平台系列3个以上品种车型白车身的激光焊接,经过严格的检测和生产实际考核,节拍达64.8s/辆,生产线焊接质量稳定,满足混批式混流的生产、柔性制造的要求。

工艺设计、激光钎焊设备选型、工装夹具设计上都满足了GMS & BIQ制造程序认证、过程控制与确认、前馈与反馈、质量管理系统的制造标准要求。焊缝的完

整性,焊缝在焊接过程中的延续性,尺寸、熔深等都满足产品前期的设计要求以及后期的焊接强度试验和整车碰撞试验,达到了BIQ的产品质量标准。同时显著提高了车身的强度和刚度,为品牌的质量提升奠定基础。但是由

于该激光钎焊单元是在已有的线体上进行的改造,基于成本投资及场地的受限,所以对于工艺设计及激光钎焊设备选型上,没有考虑使用焊后对焊缝表面氧化物的打磨工序及设备,这对于BIQ标准钟焊缝表面的质量要求存在不足,可以在后续的项目中进行持续改进和提升。

参考文献:

- [1] 林平. 激光钎焊在汽车行业的焊接应用[J]. 电焊机, 2010, 40(5): 39-44.
- [2] 周丽. 汽车顶盖激光焊钎焊研究[J]. 科技传播, 2012, (21): 81+87.
- [3] 梁玉飞. 基于数字化工厂的车身侧围焊装线工艺规划及仿真研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2019.
- [4] 潘波, 林平. 汽车生产用激光钎焊系统设计[J]. 汽车工艺与材料, 2011(4): 8-13+17.
- [5] 孙莉莉. 浅析激光钎焊技术在白车身焊接中的应用[J]. 机械制造, 2015, 53(7): 82-84.
- [6] 王浩. 车顶激光钎焊工艺中的尺寸控制[J]. 汽车科技, 2019(5): 75-79.
- [7] 张锁军. 车身顶盖激光钎焊工作站规划及工艺实现[J]. 装备制造技术, 2019(3): 115-119+131.

作者简介: 黄丹(1984-), 女, 壮族, 广西河池人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 汽车焊接工艺、规划及仿真技术。