

文章编号: 1001-3806(2011)01-0007-04

汽车白车身激光焊接生产线单元设计及分析

陈根余^{1,2}, 陈建明^{1,2}, 梅丽芳², 王祖建²

(1. 湖南大学 汽车车身先进设计制造国家重点实验室, 长沙 410082; 2. 湖南大学 激光研究所, 长沙 410082)

摘要: 为了将激光焊接技术用于汽车白车身焊接生产线, 采用自动控制技术、通信技术与激光焊接技术相结合的方法, 提出了以可编程逻辑控制器为控制核心, 工业计算机为辅助控制核心, 实时与光纤激光器、焊接机器人通信的激光焊接生产线。并通过改变控制焊接参量, 焊接某车型左前门零部件, 与点焊焊接进行了分析。结果表明, 激光焊接生产线焊接速度明显提高, 控制灵活, 焊接强度提高了70%。这为我国汽车的小型化、轻量化的发展, 以及车身结构的综合力学性能的提高, 提供了一种新的焊接生产线技术。

关键词: 激光技术; 激光焊接; 生产线; 白车身; 控制

中图分类号: TP278; TP273

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1001-3806.2011.01.003

Design and analysis of cell for automotive body in white laser welding production line

CHEN Gen-yu^{1,2}, CHEN Jian-ming^{1,2}, MEI Li-fang², WANG Zu-jian²

(1. State Key Laboratory of Advanced Design and Manufacturing for Vehicle Body, Hunan University, Changsha 410082, China; 2. Laser Research Institute, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: In order to adopt laser-welding technology in automotive body in white (BIW) welding production line, combining automatic control technology, communication technology with laser-welding technology, an automotive BIM laser welding production line was designed with programmable logic controller and industrial computer as the control core and assisted control core respectively, which could communicate with the fiber laser and the welding robot in real-time. By changing the welding parameters, the laser-welding results of left front door parts of a vehicle were compared with those of spot welding. The results show that: laser welding has several advantages of obviously improved welding speed, flexible control and higher welding strength increased by 70%. This provides a new welding production line technology for the development of miniaturization, lightweight Chinese automobiles with stronger comprehensive mechanical property in their bodies.

Key words: laser technique; laser welding; production line; body in white; control

引言

汽车白车身是汽车的基本骨架, 是汽车上所有零部件的安装基础, 车身制造质量的好坏对汽车的装配质量及整车性能起决定性作用, 而车身冲压零件及其焊接装配的质量是影响车身质量的重要因素^[1-2]。随着激光焊接技术和自动控制技术、机器人技术的结合, 已经广泛地用于车身底板、侧围、车架、车顶、车门及车

身总成等部分和车身大型覆盖件的焊装中, 成为了车身装配时的主要工艺手段^[3-5]; 另一方面, 随着汽车需求量的增加, 安全性能的提高和轻量化的发展趋势, 和汽车车身材料发生的变化, 热镀锌钢板点焊时电极磨损严重, 点蚀特征变化明显, 电极使用寿命降低^[6], 原来的点焊技术已经难以满足技术要求。激光焊接技术因具有明显的技术优势而正在逐渐取代传统的焊接方式, 开始新的焊接时代^[7-9]。

针对国内汽车工业的发展, 作者设计了一种新的焊接生产线, 重点介绍激光焊接生产线的组成、焊接控制的单元设计、焊接试验结果分析等方面。

1 汽车白车身激光焊接生产线的基本组成

在国内点焊生产线中, 点焊机器人上所配备的焊钳均为气动焊钳, 焊接时冲击力较大, 当工件的重复精度较差、电极处于板材边缘时, 焊钳易打滑并损坏被焊工

基金项目: 国家八六三高技术研究发展计划资助项目(2007AA042006); 湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室自主研究课题资助项目(60870004); 教育部长江学者与创新团队发展计划资助项目(531105050037)

作者简介: 陈根余(1965-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事汽车车身激光加工方面的研究。

E-mail: hdgychen@163.com

收稿日期: 2010-01-13; 收到修改稿日期: 2010-01-27

件。而激光焊接是非接触性加工,无需焊接辅助工具。如用电阻点焊焊接两片厚 0.8mm 的钢板冲压件,平均是 20point/min,焊距是 25mm,即焊接速率为 0.5m/min,用激光焊接速率可以达到 5m/s 以上^[10-11]。

激光焊接生产线由光纤激光器、激光焊接头、焊接机器人、焊接定位夹具、安全门、气路系统、水路系统、检测与监控、通信设备等多部分组成(见图 1)。

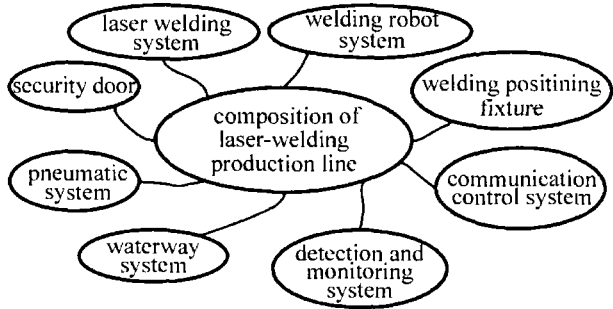


Fig. 1 Laser welding production line

激光焊接机器人比其它焊接机器人在运动轨迹精度、重复定位精度、运动速度等方面的要求更高,因为激光焊接是单边焊接,激光光斑小,且白车身零部件焊接的工件焊接边缘只有 2mm~5mm。

焊接夹具是保证焊接质量关键,因为焊缝间隙激光焊接与点焊夹具的主要区别在于:车身激光焊接的焊缝宽度和板厚间隙大小是影响焊接质量的关键。利用磁性开关检测气缸的行程,判断是否到位,来保证焊接工件焊接间隙要求。图 2 是自行设计的某车型左前

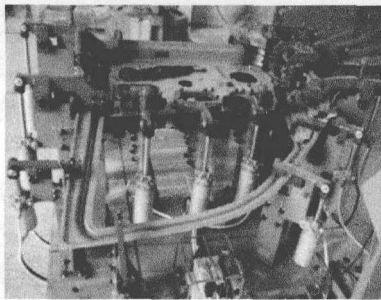


Fig. 2 Left front door welding fixture

门焊接夹具。

车身由许多不同板厚、不同材料、不同形面的零部件焊接组成,激光焊接在进行焊接时,根据采集到的现场信号(包括冷却水温度和流速、气体气压大小、各传感器等数据),与机器人控制系统、可编程逻辑控制器(programmable logic controller, PLC)、工业计算机、激光器控制器等进行实时通信,给出相应的焊接控制参量,如激光功率、激光出光与关光时间、激光工作方式(脉冲光或连续光)、冷却水温度(不同功率、速度的焊接,冷却温度不一样)、保护气体(不同材料焊接保护气体不同)、机器人运动轨迹等。

与传统的汽车车身点焊焊接生产线相比,激光焊

接生产线焊接设备不同,机器人轨迹精度更高,焊接质量更高,焊接时间短,安全程度更高,具有更高的程序性和可控性。同时具有与集散控制系统(distributed control system, DCS)联网实现自动化通信度运行的扩展接口,在上位机监控软件中可以通过以太网实现与异构 DCS 或 PLC 网络信息通信。

2 激光焊接生产线单元设计

2.1 系统设计原理

针对车身焊接大多数为搭接的共同特性,采用单元技术设计,提出基本控制原理:以 PLC 为控制核心、工业计算机为辅助控制核心、触摸屏(控制面板)为监控与输入,实时与焊接机器人、光纤激光器通信,控制焊接夹具、气路、水路、检测与监控、安全门等激光焊接生产线控制系统。然后通过网络通信技术、上位机系统控制连接成整条生产线控制系统。

现以车门焊接生产线一台机器人工位,一台激光器分时控制焊接某车门左前门零部件工位为例,介绍激光焊接生产线单元控制系统的设计。

2.2 控制系统分析与设计

现以自动焊接控制来分析,PLC 采用西门子 S7300 系列的组合模块,输出模块采用 DC24V 供电。

2.2.1 控制原理 PLC 与机器人相互通信,PLC 输出信号给激光器控制器,那个关闸出光、什么时候出光、出什么光(连续光、脉冲光)、功率多大、占空比多大、保护气体转化、气体压力检测、冷却水温与流速检测等焊接的参量。工业计算机与 PLC、机器人相互通信,记录焊接工件的实时情况,PLC 控制原理图见图 3。在

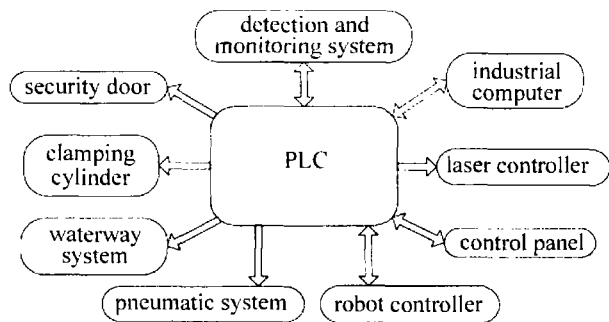


Fig. 3 PLC control system

特殊情况下,机器人、工业计算机、激光器三者能相互通信,完成焊接。

2.2.2 焊接工作流程分析 安全门开启→气缸松开→工人装夹车门工件→部分气缸手动到位→气缸全部夹紧到位→安全门关闭→机器人到达每一个焊缝起始位置→激光器出光焊接→机器人全部完成动作回到起始固定位置→焊接完成。

2.2.3 设计说明 (1)气缸分为两组:气缸 1 组为 3

位5通电磁控制,手动到位,然后再夹紧,自动松开。气缸2组为2位5通控制,自动夹紧/松开。气缸夹紧松开的动作为PLC控制。(2)安全门的开启/关闭的位置开关发出信号,PLC检测到此信号,才能进行下一步工作,否则报警,并在焊接过程安全门始终关闭。(3)监控系统检测到车间没有工人在车间里作业时,PLC、机器人、激光器才能通信、实施焊接。(4)实时采集冷却水温度与流速、气压大小、各传感器信号等,经处理后,出现异常即报警,焊接工作暂停,等消除报警信号后,继续焊接。(5)设置紧急停用控制电气系统。

根据系统的设计和需要,确定好PLC输入信号、PLC输出信号。做出相应的PLC输入输出对照表和地址。

2.2.4 程序流程图 根据焊接工作流程,按照自动焊接工作状态进行程序设计和流程图绘制。

2.3 通信网络设计

PROFIBUS现场总线是用来实现自动控制系统和分散式外围设备之间快速通讯的最优总线之一,也是世界上应用最广泛的总线协议之一,它是一种世界范围内的标准。采用SIMATIC WINCC作上位机监视系统,具有良好的开放性和灵活性^[12]。

西门子PLC、机器人控制系统、激光器控制的总线接口进行通信连接,操作站上对机器人的操作指令全部由此连接方式实现;工业计算机与机器人控制柜之间以ethernet方式进行通讯。工业计算机通过此通信方式,可读取机器人的信息,各焊接工艺元件的运行状态,并可在上位软件WINCC上显示这些信息,记录每天焊接情况。同时设置与DCS联网实现自动化通信度运行的扩展接口,在上位机监控软件中可以通过以太网实现与异构DCS或PLC网络信息通信能力。

3 焊接试验分析

在激光焊接车门生产线系统完成初步的调试后(图4是激光焊接车门某工位现场),对某车型左前车

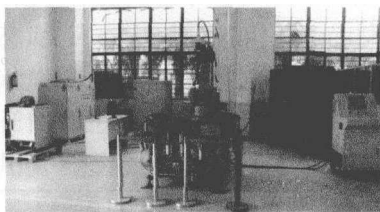


Fig. 4 Laser welding the doors on-site

门某工位进行焊接,并达到了期望的结果。

试验过程中对车门中的一个工位车门零部件进行焊接,工位焊接零部件包括:左前门内板(A)、左前门铰链加强板(B)、左前门门锁加强板(C)、左前门内板装饰带加强板(D)。根据焊接夹具和参照电阻点焊,

设计激光焊缝49条(原来电阻点焊的焊点为60个)。车门白车身零部件板厚见表1。

Table 1 Door parts thickness of white body

spare parts of left front door	thickness
inner plate(A)	0.8mm
hinge stiffener(B)	1.5mm
lock stiffener(C)	1.5mm
decorative belt stiffener(D)	0.8mm

3.1 焊接时间与速度分析

焊接机器人焊接运动轨迹总长平均6698.7mm,运动时间平均172.6s,平均焊接速率2.33m/min,即整体焊接速率。其中焊缝最长50.95mm,焊缝最短17.37mm,焊缝宽度最小1.16mm,焊缝总长度平均1627mm,焊接时速率最低1.8m/min,焊接时速率最高2.4m/min。并同一焊缝长度的差值最大为0.58mm,最小为0.02mm。图5a是激光焊接后的车门,图5b是点焊焊接的车门。

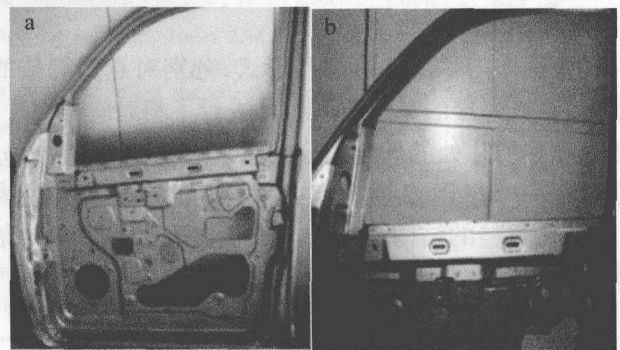


Fig. 5 a—laser welding of door b—spot welding of door

与电阻点焊相比,图6a和图6b中所示的joint

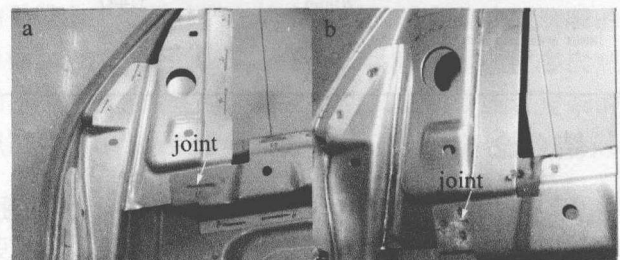


Fig. 6 a—laser welding of door b—spot welding of door

处,激光焊接直接完成此焊接处的焊接工作(即点焊先B+D焊接,再与A焊接),改变原来的焊接工序,节省了一个工位的工作时间。

3.2 焊接控制分析

激光焊接针对不同的板厚的焊接,不同形面的焊接,同板厚不同位置的焊接,只需要改变焊接参量,不需要更换焊钳、电流值参量等工作。焊接参量包括:激光器的功率、激光器出关与关光的时间、保护气体、冷却水温度、机器人运动轨迹、与PLC通信的参量等方面,则不同参量的给定,焊接路径不同,焊接时间不一样,整体焊接速度不一样。图7a和图7b分别是焊接

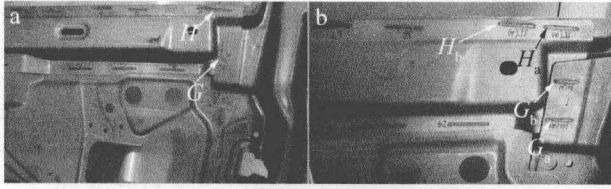


Fig. 7 a—before optimization of welding parameters b—after optimization of welding parameters

参量优化前、优化后的焊接效果图,图中 G, G_a, G_b 和 H, H_a, H_b 为同一板厚的不同地方的焊接。两者进行比较,图7a中焊缝 G 长43.31mm,焊缝 H 长54.87mm,焊缝表面凹凸不平、存在气孔、质量差。图7b中焊缝 G 处调整焊接位置、保护气体流量、焊缝长(焊缝长,即 G_a 长28.77mm, G_b 长24.75mm)等焊接参量,焊缝 H 处改变焊接参量(焊缝长,即 H_a 长32.48mm, H_b 长32.24mm,间距8.00mm)焊接后,焊缝表面平整,无气孔,焊接质量提高。经两者的比较,焊接工作时焊接程序性强、可控性高、控制灵活。

3.3 焊接强度对比

根据车门零部件的焊接形式,分别对点焊焊接的车门、激光焊接的车门(A与D)进行了相对应的切片,激光焊接切片处的焊缝长分别为20mm, 25mm, 30mm,通过跟一个电阻点焊焊点拉剪试验结果比较(见表2),激光焊缝的结构强度明显大于电阻点焊焊点的结构强度。

Table 2 Mechanical property

welding type		la shear/kN
spot welding		4.638
laser welding length	20mm	5.447
	25mm	6.589
	30mm	7.475

4 结论

(1)采用激光焊接汽车白车身零部件与传统电阻点焊对比,激光焊接生产线设计在安全防护、夹具设计、控制参量方面更为严格。

(2)白车身零部件激光焊接生产线焊接速度快,

焊接时间短,焊接程序性强、可控性高,使得焊接控制更加灵活,焊接效率明显提高,焊接处相对减少,焊接工序减少,焊接的车身重量减轻;激光焊接生产线只要改变焊接参量,即可对不同车身的零部件的进行焊接,减少大量硬件的改造,体现出高的柔性。

(3)试验表明,激光焊接生产线生产效率高,焊接质量高,焊缝强度高,整车的安全性能得到提升。

参考文献

- [1] XIONG X P, JIN Q D. Automatic welding technology in car body [J]. *Welding & Joining*, 2006(11):44-47 (in Chinese).
- [2] LI ZH G, WU Y X, LIN T, *et al.* Quality assurance system of accuracy welding forming of complex automobile parts [J]. *Transactions of the China Welding Institution*, 2001, 22(5): 65-68 (in Chinese).
- [3] CHEN T, WANG Zh Y, CHEN K, *et al.* Laser materials processing technology applied in large scale autobody panel [J]. *China Mechanical Engineering*, 2002, 13(1): 8-11 (in Chinese).
- [4] ZHANG R B. Roof of the development of welding technology and application of laser welding [J]. *Machinist Metal Forming*, 2007, 6: 48-51 (in Chinese).
- [5] HAN L J. Laser welding technology in the FAW-volkswagen magotan body manufacturing [J]. *Machinist Metal Forming*, 2008, 8: 32 (in Chinese).
- [6] ZHANG X Q, LIU Y J. Effect of pitting on electrode service life in spot welding hot galvanization steel plate [J]. *Welding Technology*, 2009, 38(7): 8-10 (in Chinese).
- [7] WANG J Ch. Development and expectation of laser welding technology [J]. *Laser Technology*, 2001, 25(1): 48-54 (in Chinese).
- [8] LIU J Ch, LI L J, ZHU X D, *et al.* Discussion on laser welding combined with other heat resources [J]. *Laser Technology*, 2003, 27(5): 486-489 (in Chinese).
- [9] YOU D Y, GAO X D. Studies and prospect of laser welding technology [J]. *Welding Technology*, 2008, 37(4): 5-9 (in Chinese).
- [10] LI X N, XU X G, BIAN M H. Application of laser welding in automobile industry [J]. *Electric Welding Machine*, 2006, 36(4): 47-49 (in Chinese).
- [11] YANG Y P, TANG J, FAN Y. Application of laser manufacturing technique in china's automobile industry and its development [J]. *Journal of Changsha Communications University*, 2005, 21(4): 58-61 (in Chinese).
- [12] JI Sh P, SUN Ch Z, LU M. Siemens PLC and industrial network technology [M]. Beijing: China Machine Press, 2008: 220 (in Chinese).