

激光焊接在汽车工业中的运用

湖北光通光电系统有限公司(430074) 陈义红 张发伟

摘要：通过激光焊接技术在汽车加工中的应用技术分析和实例介绍，从技术、经济和实用等方面说明了激光焊接在汽车工业中的重要意义。

关键词：激光 焊接 汽车 激光加工 激光器 激光应用

前言

世界上第一个激光器的成功演示在 40 多年前，在今天，激光科学技术蓬勃发展，其作用远远超出了其发明初期人们原有的预想，激光技术的应用目前遍及科技、经济、军事和社会的许多领域。汽车工业是激光加工重要的应用领域，占激光加工 15% 的份额，激光焊接、激光切割、激光标记、激光打孔都有着广泛的应用。

激光焊接的技术可行性

激光(受激辐射光)最基本的特点就是：单色性、方向性、相关性，这些独特性质加上由此而来的超高亮度，超短脉冲等性质使它已经紧紧的和现代工业结合在一起，这些特质非常适合焊接加工。激光器一般按产生激光的工作物质不同来分类，主要有半导体(GaAs, InP 等)激光器、固体(Nd:YAG 等)激光器、气体 (CO₂、He-Ne 等)激光器、液体(可调谐染料等)激光器、化学激光器、自由电子激光器等。其中气体激光器以气体或金属蒸汽为发光粒子，它是目前种类最多，激励方式最多样化，激光波长分布区域最宽，容易实现大功率连续输出，应用最广泛的一类激光器。固体激光器是将产生激光的粒子掺于固体基质，其浓度比气体大，因而可以获得比较大的激光能量输出，具有能量大，峰值功率高，机构紧凑，牢固耐用等特点。在激光焊接中主要就采用这两种受激物质的激光器。

激光焊接技术在制造领域的应用稳步增长，由脉冲到连续，由小功率到大功率，由薄板到厚件，由简单单缝到复杂形状，激光焊接在不断的演化过程中已经逐步成为一种成熟的现代加工工艺技术。激光焊接分为脉冲激光焊接和连续激光焊接，在连续焊接中又可分为热传导焊接和深穿透焊接。随着激光输出功率的提高，特别是高功率 CO₂ 激光器的出现，激光深穿透技术在国内外都得到了迅速发展，最大的焊接深宽比已经达到了 12:1，激光焊接材料也由一般低碳钢发展到了今天的焊接镀锌板、铝板、钛板、铜板和陶瓷材料，激光焊接速度也达到了每分钟几十米，激光焊接技术日益成熟，并大量应用到生产线上，在汽车生产线上如齿轮焊接，汽车底板及结构件(包括车门车身)的高速拼焊并已取得了巨大的经济和社会效益。

据有关资料统计，在欧美发达工业国家中，有 50%-70% 的汽车零部件是用激光加工来完成的。其中主要以激光焊接为主和切割为主，激光焊接在汽车工业中已成为标准工艺。激光用于车身面板的焊接可将不同厚度和具有不同表面涂镀层的金属板焊在一起，然后再进行冲压，这样制成的面板结构能达到最合理的金属组合。激光焊接的速度约为 4.5m/min，而且很少变形，省去了二次加工。激光焊接加速了用冲压零件代替锻造零件的进程。采用激光焊接，可以减少搭接宽度和一些加强部件，还可以压缩车身结构件本身的体积。仅此一项车身的重量可减少 56kg。激光焊接用于车顶外壳与框架焊接，传动转换器盖板的焊接，由 CNC 控制，其循环时间约为 16 秒，实际焊接时间仅为 3 秒，一天可连续运行 24 小时。用于焊接小轿车的变速箱总成和底盘，激光束的焊接速度快，易于自动化控制并且易于归并到一个

灵活的制造系统中，激光束改进了厂家的产品设计投产周期，降低了成品的废品率。

激光焊接在汽车行业中的应用

采用激光焊接可以给汽车制造业带来巨大的经济效益，如车身装配中的大量点焊，把两个焊头夹在工件边缘上进行焊接，凸缘宽度需要 16mm，而激光焊接是单边焊接，只需要 5mm，把点焊改为激光焊，每辆车就可以节省钢材 40kg。用传统点焊焊接两片 0.8mm 的钢板冲压件，平均是 20 点/min，焊距是 25mm，即速度为 0.5m/min，用激光焊速度可以达到 5m/min 以上。采用激光焊接技术，不仅降低成本，还大大提高了生产效率。目前，一套千瓦级的激光加工机器人系统只要几十万美元，新型激光器的安全性和可靠性也得到了保证，其故障停机率仅 2%，防护措施也极为可靠。激光焊接时需要工件接触面紧密吻合，这在工艺上是不容易实现的，但目前先进的夹持方法和适合激光焊接的凸缘设计使这一问题得到了解决，激光焊接技术的逐渐成熟使得各大汽车厂商无一例外的将激光焊接应用到了汽车生产线上。

美国是最早将高功率激光器引入汽车工业的，在美国汽车工业中心底特律地区有 40 余家激光加工站，用于汽车金属件的切割和齿轮的焊接，使汽车的改型从 5 年缩短到 2 年。美国通用汽车公司已经采用 22 条激光加工生产线，美国福特汽车公司采用 Nd:YAG 激光器结合工业机器人焊接轿车车体，极大地降低了制造成本，2000 年美国三大汽车公司已经有 50% 的电阻点焊生产线被激光焊生产线所取代。在日本，激光焊接在生产线上成功的应用为世界所瞩目，如在汽车车体制造中采用将薄钢板实施激光焊接后冲压成型的新方法，现在已为世界上大多数汽车厂家所仿效。世界上很多著名汽车公司都建有专门的激光焊接专用生产线：Thyssen 钢铁公司的轿车底板拼焊生产线，大众汽车厂的齿轮激光加工生产线，奔驰汽车厂的 18 个厂房里有 8 个厂房安装了激光加工设备。

激光焊接在汽车工业中最主要就是应用在汽车车身的焊接和拼接坯板焊接上。为满足市场和客户的需求，改善车身和制造工艺是十分必要的，而汽车的车身价值约占汽车总价值的 1/5，采用激光焊接工艺使车身的抗冲击性和抗疲劳性都可以得到显著改善，提高汽车的品质。激光焊接由于采用计算机控制，所以具有较强的灵活性和机动性，可以对形状特殊的门板、挡板、齿轮、仪表板等零部件的焊接，也可以完成车顶和侧围，发动机架和散热器架等部件的装配，如果加上光纤传输系统和机械手，就可以实现自动化的汽车装配生产线。使用 3KW 左右的光纤传输的 ND:YAG 连续激光器，配合点焊系统，和生产线上的夹具相配合，就可以达到自动化焊接的目的，通用、奔驰等都采用了这一系统应用在最新的车型的生产线上，激光焊接系统几乎可以达到完美加工的要求，在效率、经济、安全、强度、抗腐蚀性上都有优秀表现。

一辆汽车的车身和底盘由 300 种以上的零件组成，采用激光焊接几乎可以把所有不分厚度、牌号、种类、等级的材料焊接在一起，制成各种形状的零件，大大提高汽车设计的灵活性。拼接坯板就是在充分分析车身结构的基础上优化部件设计，使之可以由少数的几种典型坯板焊接而成，这样大大降低了模具数量，增加了材料利用率，而且可以在强度要求不同的部位采用不同厚度的坯板，可以一次冲压成型，减轻了重量，提高了精度，还使得抗腐蚀性和安全性能都有大幅度提高，车身结构也大大简化。丰田公司的侧围生产线采用了拼接坯板焊接技术，使得模具的数量降到四具，材料利用率达到 65%，加上其它的部件，使得每辆车的成本下降 30 多美圆，大大增加汽车生产商的效益。

激光焊接技术前景

激光焊接技术对传统的汽车焊接工艺带来了冲击性的影响，各大汽车公司对此都抱有十分积极的态度，采用新技术就意味着更强的竞争力，特别是竞争残酷的汽车工业。激光焊接技术在焊接铝材，用焊接件代替铸件以及全车身构架结构焊接的应用前途最大，激光器生产厂家应该抓住商机，在激光器的可移动性、体积等方面下功夫，用光纤传输激光，使激光器更适合汽车生产线的需要。国内一些激光产品生产厂家已经逐渐意识到这一点，比如湖北光通光电系统有限公司生产的脉冲 Nd:YAG 激光焊接机利用光纤耦合聚焦，使用方便，激光头可以远离焊接区，激光器性能稳定可靠，寿命长，也可以使用传统的光学传统系统，激光器既可以激光焊接，也可以激光切割和打孔，一机多用途，特别适用于激光加工车间和自动化生产线。

21 世纪汽车工业正在步入能按照用户要求进行柔性模块式生产的方式，传统加工工艺不能满足新生产方式的需要，这给激光焊接技术的大规模应用提供了一个机遇，激光焊接技术及其他激光加工技术在汽车领域中一定会有更大的发展，成为汽车工业中重要的加工方法。