

国外汽车工业中激光加工的应用

宋威廉 北京 1998年



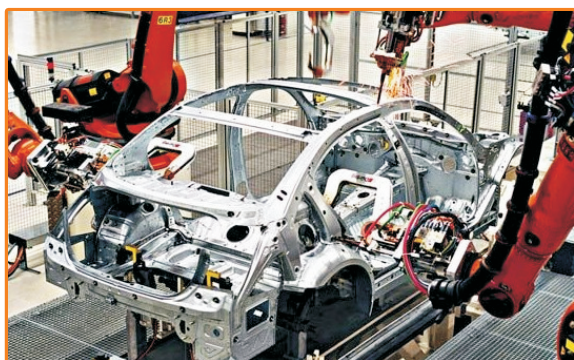
对汽车工业而言激光并不陌生，早在1969年，也就是第一台工业激光器问世后的三年，美国的汽车制造商就把它用于齿轮、轮毂和刹车片的加工。激光加工技术在国外汽车制造中的应用发展很快，日本汽车工业在1982年还没有用激光，到1991年已装备了2000台Nd:YAG和CO₂激光器，目前，汽车工业是激光加工的第二大应用领域，占15%。

在汽车制造中采用激光加工可以为企业带来巨大的经济效益。

白车身装配中大量使用焊接工艺，传统的点焊是双边加工，把两个焊头夹在工件凸缘上进行焊接，凸缘宽度至少需要16mm。而激光焊是单边加工，凸缘宽度可减少到5mm；从点焊改为激光焊，每辆车可节省钢材40公斤。用激光焊两片0.8mm的钢板冲压件速度高达每分钟5m以上；而用安装在机械手上的点焊枪一分钟平均只能焊20点。点焊间距一般为25mm，由此可推算出激光焊是点焊速度的10倍。实际上18mm长的激光焊缝强度就与点焊强度相。可见采用激光焊后不但可节省金属，还大大提高了工效。通用汽车公司的制造工程主管Frank A. Dipietro认为，如北美的汽车制造商都采用激光加工工艺，可望每年节省10亿美元。

目前汽车制造商对激光加工用于汽车工业的疑虑都得到了圆满的解答。一是担心投资大，难以回收；现在花40万美元便可购得一套千瓦级激光加工机器人系统，如用于切割，六个月便可回收投资。二是担心不可靠，影响生产线连续运行；而新型的激光加工系统的故障停机率仅2%，如1995年1日通用汽车公司安装了一台3kW的Nd:YAG激光器，统计至1996年已工作了5000小时，仅发生过两次因泵浦灯提前损坏和一次水流传感器失效而停机，维修时间极短。三是激光焊接时需要被焊工件间紧密吻合，先进的夹持方法和适合于激光加工的凸缘设计已解决了这个问题。四是安全性，由于防护措施可靠，极少发生事故。因此通用、福特、奔驰、大众、奥迪、丰田等大汽车公司都无一例外地在汽车生产中采用了激光加工技术。

激光加工在汽车制造中的应用是十分广泛的，在车身、动力传动装置、发动机、散热器、内部设施制造中都已得到应用（画1）。目前应用最广泛的是焊接，其次是切割、标记、热处理，快速成型也占有相当的份额。下面分别介绍这些激光加工技术的应用情况。



● 激光焊接

汽车是工程和艺术的结晶，在外形、结构、舒适性、重量、价格、安全等方面都不断改进，以满足市场需求。汽车车身价值约占整辆车的五分之一，为了满足顾客对性能价格比的要求，改进车身的设计和制造工艺是十分重要的。采用激光焊接工艺能使车身造型更加美观、驾驶员和乘客的视野更宽广，还使抗冲击性和耐疲劳性显著改善，从而汽车制造商和保险公司可以少支付上亿美元的制造费和保险费。

激光焊接十分灵活，可焊连续的缝，也可焊断续的缝，实际上可以在计算机控制了沿任意轨迹焊接；与只能进行单侧焊接的点焊相比几乎是无所不能的。它可用于门板、档板、仪表板、动力传动齿轮等零部件制造，也可用于车顶与侧围、发动机架、散热器架等部件装配。梅赛德斯——奔驰公司用激光焊车顶与边窗，每小时可完成45件。通用汽车公司

的装配车间用3kW光纤传输的连续Nd:YAG激光焊新型的 Oldsmobile Aurora车顶部件，焊缝总长2.4m，焊速每分钟4.5m，每小时可完成80件。焊缝质地光滑，缺陷率极低，费用仅4.1美元一件。该激光器的光纤传输系统与车体车间的点焊系统可以用一种机器人，技术改造是十分方便的。凯迪拉克豪华车生产中用 2.4kW连续 Nd:YAG激光缝焊车体镀锌部件，完全满足生产率、经济性、防腐能力和强度的要求。焊接的聚焦机构和压轮组合在一起，焊接时压轮压在工件上，使车项与胎具紧密吻合，可以达到完美加工。

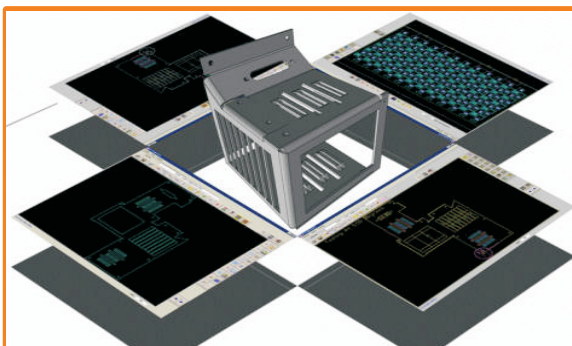
1995年宝马公司开始在 5系列车上用两台6kW的CO₂激光器搭焊车顶，导光和聚焦机构分别装在台机器人上；两台设备可同时加工车体的不同部位，也可由一台设备接替另一台设备的焊接任务。为了满足质量控制的要求，使用Jurca Optoelectronik公司的LWM900型激光焊接监视器在线监测焊接质量；通过监测焊接时产生的等离子羽的紫外光发射和焊道的温度来判断焊接质量的优劣。发现缺陷后由装在焊头附近的喷墨装置做出标志，以便返修。LWM9000型监视器具有在线检测焊接质量、输出检测结果、喷墨标记缺陷点、通讯和遥控等功能，虽然当前只能分拣出有缺陷的部件，但今后可以和计算机控制中心联网，形成闭环控制系统。



● 拼接坯板激光焊

用激光焊几乎可以不受限制地把厚度、牌号、等级、镀层不同的钢板结合在一起，制成各种形状的零件毛坯，这使汽车设计大大提高了灵活性。拼接坯板是在充分分析车身结构的基础上优化部件设计，使之可以由少数几种典型的坯板拼焊而成。一辆汽车的车身和底盘由300种以上的零件组成，采用拼接坯板焊接技术使零件数可减少66%，因此大大减少了模具数量，还增加了材料利用率。因为可以在强度要求不同的部

位用厚度不同的坯板，就不用再焊加强筋了，能一次冲压成型，既减轻了重量，还提高了尺寸精度。由于没有搭焊处，可减少许多原来需要采取密封措施的地方，使防腐蚀和防锈性改善，也使车身结构简化了。丰田公司的侧围生产线采用拼接坯板焊接后，模具由20付减到4付，材料利用率由40%增加到65%。从1985年到1993年，该公司建立了八条生产线，年产160万件中、大尺寸的部件。过去内门板用0.8mm的钢板冲成，为了铰接和安装反光镜的需要，必须焊上加强件。现在根据不同的部位对强度的要求不同，用2mm的坯板和0.8mm的坯板焊在一起，然后冲压成型；这样每扇门重可减轻1.35公斤。据估算采用拼接坯板焊接可使每辆车节省32美元，为汽车制造商创造了极大效益。

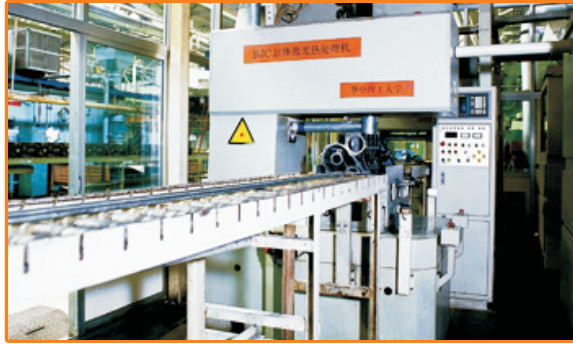


● 激光切割

用户总是不断给汽车制造商提出不同的要求。例如各国交通规则的不同使汽车有左、右驾驶的区别，为了满足这些特殊需要，生产中要频繁更换工装夹具，还要添置许多专用的冲压模具，使成本提高。以通用汽车公司的卡车为例，仅车门就有直径为 2.8~39mm 的 20种孔、激光切割可高速、高质量加工形状复杂的轮廓或孔。公司把Rofin-Sinar的 500W激光器通过光纤连接到装在机械手上的焊头，用以切割这些孔，

一分钟就可完成一扇门开孔的加工。孔边缘光滑、背面平整；直径2.8mm孔的公差在0.03mm/0.08mm之间；直径12mm的孔公差在-0.25/+0.03mm之间。为了加工孔位、尺寸不同的门板事先都编好了程序，所以现在加工不同的门板时，只要按不同的按键就行了。该公司生产的卡车和客车有89种孔径和孔位配置不同的底盘；经过优化设计，现在只需要冲压5种基本底盘，再由激光切割出配置不同的孔，简化了工艺，提高了效率。

激光切割在车身装配后的加工中也十分有用，例如开行李架固定孔、顶盖滑轨孔、天线安装孔、修改车轮挡泥板形状等。在新车型试制中激光切割更为有用，因为汽车90%的车身构件都能用上激光切割技术，用以切割轮廓或修整。德国汽车公司现在都购置了三维激光切割系统，用于新车型试制，加工周期短，又省了开模具，充分体现出采用激光加工的优点。



● 标记、热处理、立体造型

激光标记是非接触式打标，速度快、标记不易磨损，激光标记机又很容易与流水线结合，因此在汽车制造、特别在零配件生产中的应用发展很快。在发动机上打编号，在仪表板上雕刻分度线，在按钮上刻符号等。例如行李箱脱扣杆要求外观好、耐用、化学稳定性好、标志清晰，许多工程塑料性能很好，然而对印色不亲和，无法做出理想的标记。在采用激光标记技术后加工出了各方面都令人满意的脱扣杆。

激光热处理在汽车工业中很早就得到应用，但由于被处理的工件性能分散性较大，必须经过长时间跟踪统计才能得出最佳工艺参数；因此尽管起步早，但推广较慢，比较成功的有丰田公司用激光涂覆处理排气阀，大众公司用激光表面重熔技术处理凸轮等。

激光立体造型有液体材料的激光固化成型、粉末材料的激光烧结成型和平板材料经激光切割后热压成型等三种方法。制造原则都是用计算机对工件进行分层处理，然后由激光在计算机控制下逐层加工出工件的截面，最后形成一个立体模型。该工艺可大大缩短制造模型的时间，有助于早期发现设计中的缺陷。宝马公司用激光立体造型方法制造仪表盘模型，工效提高了三倍，费用减少了60%。该技术可望在开发新产品中得到越来越广泛的应用。

激光加工技术在国外已对传统的汽车制造工艺产生并将继续产生冲击性的影响。各大汽车公司对采用激光加工技术都抱十分积极的态度，唯恐自己落到时代后面而失去竞争能力。克莱斯勒公司主管先进制造工程的副总裁认为公司在新技术上投资能在安全、质量、交货期、价格、信誉上转化为效益，这是用传统的加工方法难以获得的。展望未来，他认为激光加工在焊接铝材、以焊接件替代铸件、全车身构架焊接等方面前途最大。希望激光器供应商在产品供应、减少占地面积和便于移动几方面下功夫。面对这些要求，激光器供应商已做出了响应，如Hass公司、Hobart公司的数千瓦的Nd:YAG激光器都设计成激光头、电源及冷却系统在一个机柜内。结构紧凑、占地面积小、用光纤传输激光、符合汽车生产线使用的要求。

二十世纪是汽车工业从初创到辉煌的世纪，从小批量生产进入了大规模生产阶段，目前正在步入能按用户要求进行柔性加工的精益生产阶段，汽车工业界出现了柔性模块式生产方式；传统的加工工艺将不能满足新生产方式的要求。这给激光加工提供了机遇，可以预料激光加工在汽车制造中的应用在本世纪末会有一个大发展，在下一世纪里将成为汽车工业中的重要加工方法。《激光制造商情》激光专家资料库（通讯员：邵火）