

激光

多光束材料加工

利用单一激光光束作为功率源进行焊接、钎焊或表面处理等工艺加工，这一点已经得到了普遍认同及广泛应用。新型激光焊接工艺的研究重点主要是工艺流程的优化及加工质量的改善。本文将阐释具有不同参数的多光束激光加工在车身钎焊、硅铝合金镀层不锈钢板焊接以及聚合物与金属材料焊接的应用尝试。

文 | 阿帕奇（北京）光纤激光技术有限公司

从重工业到消费电子产品行业，激光器都是一种不可或缺的材料加工工具。人们普遍将激光材料加工工艺视为是一种成熟的、能够提高生产力的加工工艺，并不断寻求将其拓展至新的应用领域。最近，这种探索产生了一种在单一工件上，使用多条光束同时照射、每条光束都根据整个工艺而优化过的有趣趋势。本文将着重介绍3种多光束激光加工应用。三光点钎焊主要是利用整体配合的光束将高强度的、外观极好的汽车材料焊接起来。随后将探讨高强度两步焊接中，激光清洁使激光焊接获得良好的强度和一致性。最后重点了解激光金属表面结构如何使高强度高密封性的聚合物与金属焊接在一起。这些意味着具有不同芯径、脉宽甚至是波长的多条光束相互配合可获得前所未有的加工效率。

三光点钎焊

激光器的特性对于汽车行业很重要，是因为激光焊接获得了更高的焊接强度而用的焊料最少，同时提高了安全性并更为经济。这主要是由于其焊接强度高、材料使用少，同时还提高安全性，使燃料减少。当激光焊接普遍用于汽车生产

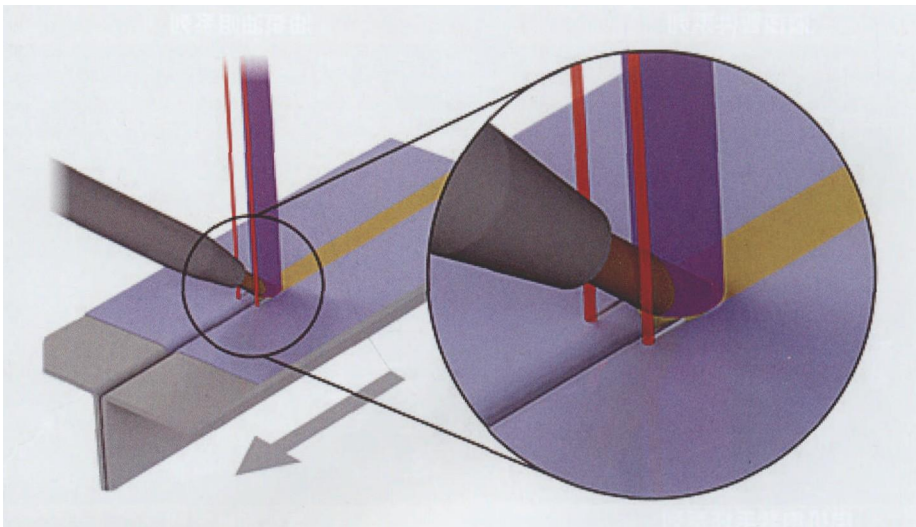


图1 三光点钎焊示意图

制造时，人们更倾向于用更为美观的工艺来满足沿车顶和汽车内部可见焊缝部位的生产需要。与普通焊接相比，钎焊是一种无需熔化基材而进行焊接的工艺。对于汽车应用而言，激光能量熔化焊丝将2个钢或者铝合金表面无缝焊接在一起。汽车厂商需要在喷漆前进行简单清理以实现真正无缝焊接的钎焊工艺。

电镀低碳钢钎焊的研究重点是焊接质量及焊缝外观。特别是留在镀锌层上的氧化物和污染物，它们是造成飞溅和边缘粗糙的主要原因。对该领域的研究催生出一一种新的三光点钎焊系统，沿钢

板边缘的两个引导光束，用于清理污染物并预热镀锌层以改善浸润。紧随其后的主光束则提供能量熔化 Cu/Si 钎料，将刚刚清理过边缘表面的两个钢板无缝焊接，如图1所示，2个红色的引导光束清理并预热钢板边缘表面以改善浸润。紧随其后的主光束则提供能量熔化 Cu/Si 钎料，将刚刚清理过边缘表面的两个钢板无缝焊接。喷漆后，这些焊缝肉眼不可见。

三光点钎焊系统依赖于光纤技术的灵活性。将光纤激光器与3根芯径不同的光纤耦合，通过1根光缆传输。在靠

近工件的地方，传输光纤会按设计产生3光点光斑，使光斑较小的引导光束在主光束完成无飞溅的钎焊之前进行预清理。特别设计的光路使具有不同芯径的光纤通过一根操作光纤进行传输，在钎焊区域内产生不同尺寸的光斑。

为了更直观地评估三光点钎焊的优势，我们用1.6 mm的CuSi3合金焊丝、3.5 kW的光纤激光钎焊主光束，以4.5 m/min的速度对厚度为0.8 mm的热浸钢板样件进行钎焊。采用350 W引导光束在钎焊前对材料进行预清理以后，获得了更好的边缘一致性和表面粗糙度。

三光点钎焊在1道工序中将焊前清理和钎焊相结合，大大降低了喷漆前对钎焊后道工序的要求。三光点钎焊完全可以在平面或者曲面上高速自动化地获得卓越的焊接强度和可重复性。汽车厂商逐渐采用他们更青睐的三光点钎焊，用于对外观有更高要求的钢板焊接，以获得最高的效率和最好的外观。

高强钢的两步激光焊接

汽车厂商一直在寻求能生产更安全、更高效汽车的新型材料及焊接工艺。强度特别高的含硼高强钢（HSS）因此进入了汽车创新的范畴。假设焊接技术无需变化，更高的强度意味着可以使用更少的材料以减少车体的重量。在焊接高强钢时，汽车厂商更倾向于激光焊接工艺。但早期尝试使用激光焊接却因为

热成型工序中使用AlSi保护涂层的问题受阻。因为用激光焊接AlSi涂层高强钢时可能导致内部铁铝金属层脆裂。

不用再顾虑铁铝金属层脆裂问题，焊接区域的防腐涂层被清理以后会显著提高高强钢焊接质量。

与采用2种具有不同芯径的连续激光束的三光点钎焊不同，HSS两步焊接法先用高脉冲能量纳秒级激光器激光烧蚀清理，然后再用高功率连续激光器焊接。

聚合物与金属的焊接

焊接需要将两边基材在焊缝附近的区域熔化，这样才能将两者稳定的焊接在一起。焊接在金属与金属、聚合物与聚合物之间应用的最为广泛。由于聚合物与金属的熔点极为不同，两种材料之间进行焊接不太可能。寻找聚合物与金属之间的焊接方法依然是从消费电子到医疗设备等许许多多的行业探索的热门工艺。近期使用光纤激光技术两步工艺为该问题提供了解决方案，极具发展前景。

第一步，用一台平均功率30 W、峰值功率400 kW的近红外光纤激光器，脉宽150 ps，进行金属表面织构。微观研究显示，激光照射熔出纳米级的表层，迅速形成精细的大表面积，适合后道焊接工序的结状结构。这些织构表面的重要之处在于他们可以形成于黑色金属，甚至是铜等高反金属。资深的焊工知道，

均匀的深色表面工艺空间最大，因为反射率的变化会影响激光器在高反金属上的能量阈值。

聚合物与金属材料的焊接使用波长为1.9 μm的掺铒连续光纤激光器。中红外波长远比近红外或直接二极管激光更容易被普通的透明聚合物吸收。传统的1 μm激光器光束穿过聚合物，只能加热到金属表面，在聚合物内部传导热量，最终将其熔化到金属上，焊接强度很差。我们发现，先进行表面织构并使金属表面变暗，然后用1.9 μm光纤激光器的热量能够显著改善聚合物与金属的焊接强度。更长的波长可以直接对聚合物及从聚合物到金属表面传输热量。聚合物的直接导热与深色结状金属表面结合提供了理想的焊接条件。我们进行了聚合物与钛的焊接，密封性好、焊接强度高，在受到剪切力时才在聚合物层失效。相比之下，省略了表面织构这一步骤的话，剪切力测试在聚合物到金属表面时就已失效，证明该情况下焊接的强度没有先采用表面织构再焊接的强度高。

总之，虽然一种激光器以及可以获得不错的效果，但两种或更多种激光器一起使用可能会有更好的效果。不同的光斑尺寸、脉宽甚至是波长的激光器可以在一种工艺中实现其中任何一种激光器都无法达到的超级性能。多光束材料加工已经被迅速应用于汽车制造，但我们相信这仅仅是这个势不可挡的新趋势的开始。[MM]



华中数控
股票简称：华中数控
股票代码：300161

华中8型

高档数控系统

国家科技
重大专项成果

自主创新

高速高精

多轴多通道

高速、高精度控制

五轴联动

智能化



云数控

客户定制化开发

系列化成套性好



扫描二维码
关注华中数控
了解更多信息

武汉华中数控股份有限公司
WUHAN HUAZHONG NUMERICAL CONTROL CO., LTD

地址：武汉东湖新技术开发区庙山小区华中科技大学科技园
网址：www.huazhongcnc.com
电话：027-87180025

邮箱：service@hzncc.com
免费客户服务电话：400-999-0861 800-880-0598
传真：027-87180308

广告