

# 激光离焦量对光束质量及焊接效果的影响研究

李 旭

(武汉职业技术学院 生物工程学院,湖北 武汉 430074)

**摘 要:**测试分析准连续脉冲激光器的光束质量在不同离焦量情况下的变化规律。对不锈钢进行焊接工艺试验,研究不同离焦量情况下,焊点大小,外观,焊缝熔深及焊点抗拉强度的变化规律。结果表明,随着离焦量的增加,焊点大小增加,焊缝熔深逐渐变小,单个焊点的抗拉强度先增加后减小,当离焦量为 3mm 时,得到最大的焊点强度为 15N。

**关键词:**光束质量;激光焊接;离焦量;焊接效果

中图分类号: TG456.7

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2017) 03-0087-03

## 一、前言

激光技术是二十世纪与计算机、半导体和原子能技术齐名的四大技术发现,经过几十年的发展,目前已经在光通讯、医疗、检测、材料加工领域得到广泛应用<sup>[1-3]</sup>。激光在材料加工领域近几年得到迅速发展,如激光标记,切割,打孔,焊接等,特别是在焊接方面,由于其独特的优势,正在广泛取代传统的氩弧焊、电阻焊等方式<sup>[4]</sup>。激光焊接的优势主要体现在热影响范围小,容易得到深宽比大的焊缝,焊接强度大,接头强度达到甚至超过母材强度,激光光束可以在空间通过高能光纤柔性传输,易于实现焊接的自动化生产<sup>[5-6]</sup>。

激光焊接采用的激光器一般有 CO<sub>2</sub> 激光器、碟片激光器、Nd:YAG 激光器、光纤激光及半导体激光器等,其中光纤激光器是最近几年发展起来的新型激光器,光电转化效率极高,达到 30%,体积小,能量稳定性好,此激光器几乎没有耗材,寿命长,已经广泛应用于不锈钢焊接,铝合金焊接等<sup>[7-10]</sup>。准连续脉冲激光器

属于光纤激光器,可以输出高峰值功率,脉冲宽度达到 ms 级别,非常适合金属焊接等材料加工。它是最近两年由美国 IPG 公司开发出来的一种新型激光焊接光源,目前在电子精密焊接领域得到应用,但是对于其详尽的焊接工艺研究很少有报道。

本文以影响焊接工艺的关键因素离焦量作为切入点,研究在不同离焦量条件下,激光光束质量的区

## 二、焊接设备及试验准备

### (一)焊接设备

本文采用 150W 准连续脉冲光纤激光器作为焊接光源,激光器技术参数如表 1 所示。激光加工头在 X/Y/Z 移动平台的带动下与工件做相对运动,完成轨迹的焊接,激光加工头与出激光信号由运动控制板卡实现联动,即运动到某位置后,激光器出光焊接。

### (二)焊接材料

本文采用 304 不锈钢作为试验材料,焊接方式

表 1 激光器技术参数

平均功率 /W	峰值功率 /W	脉冲宽度 /ms	频率 /Hz	冷却方式	光束质量 BPP/mm*mrad
150	500	0.2-20	0-2500	风冷	1-2

收稿日期:2017-01-11

作者简介:李旭(1961-),男,江苏南京人,武汉职业技术学院生物工程学院院长,副教授,研究方向:应用电子技术。

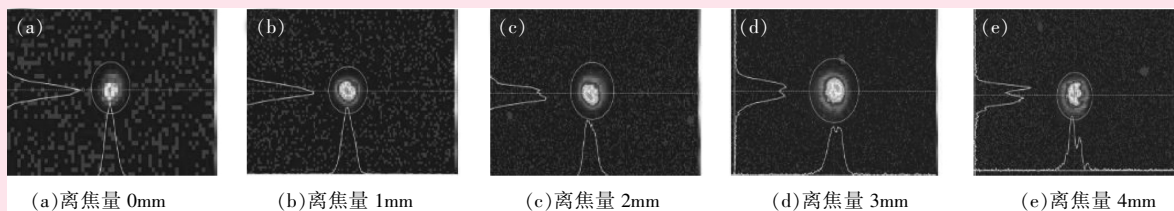


图1 光束质量随着离焦量的变化

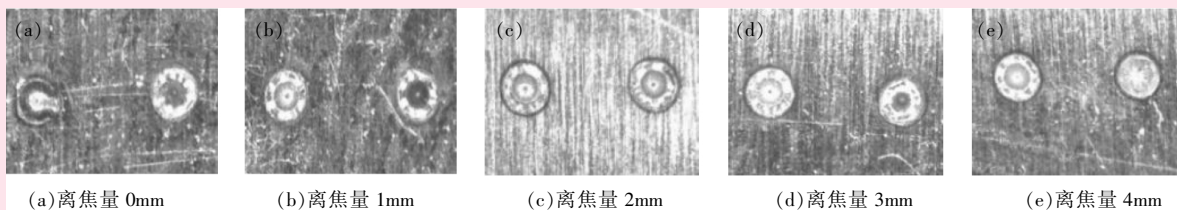


图2 焊点外观随着离焦量的变化

为搭接焊接,上层材料厚度 0.2mm,下层材料厚度 0.5mm,材料的长×宽为 100×50mm。焊接前材料经过丙酮、酒精清洗去除油污等表面杂质。采用自制夹具将上下两层材料压紧,减小两层材料之间的间隙,保证焊接试验结果的一致性及其可靠性。

### (三)激光焦点位置确定

影响激光焊接效果的主要因素有激光峰值功率,脉冲宽度和离焦量(激光焦点与工件表面的距离),其中离焦量是非常关键的因素。定义焦点在工件表面以上为正焦,在工件表面以下为负焦。激光焦点位置的确定比较有效的方法是:三角块不锈钢激光标定法,具体为用较小激光能量(50W)在不锈钢上打点,火花最强的点为激光焦点附近。然后在激光焦点附近放置一不锈钢三角块,用激光束在不锈钢三角块上划线,每隔 0.5mm 画一条约 2mm 的线,用显微镜测量出线宽最窄的线条,即为激光焦点。

### 三、离焦量对光束质量的影响

采用光束分析仪、激光探头及激光衰减片对激光光束质量进行测试,首先将激光探头置于激光焦点进行测试,然后向上抬高激光加工头,每次抬高 1mm,即设置离焦量为 0mm、1mm、2mm、3mm、4mm。测试得到的光束分布如图 1 所示,离焦量为 0mm 时,激光能量主要集中在光斑中心,随着离焦量的增加,激光能量在光斑上的分布逐渐均匀,当离焦量为 3mm 时,激光能量在光斑上的分布最均匀。当离焦量增加到 4mm 后,激光能量在光斑上的分布不均匀。

### 四、离焦量对焊接效果的影响

#### (一)离焦量对焊点影响

将工件置于激光焦点位置,设置激光峰值功率及脉冲宽度,在不锈钢样品上打点,功率及脉冲宽度逐渐增加,直到下层材料的背面能看到明显痕迹,此时激光

峰值功率为 500W,脉冲宽度 3ms。保持峰值功率、脉冲宽度及其他参数不变,调节离焦量,每次调节 1mm,焊点外观如图 2 所示,发现当离焦量为 0~1mm 时,焊点最小,焊接光斑有飞溅,这可能是因为在离焦量为 0~1mm 时,激光能量主要集中在光斑中心位置,导致焊点中心的激光功率密度过高,引起焊接飞溅。随着离焦量继续增加,焊点无飞溅,焊点变得更加均匀,应该是因为随着离焦量增加,激光光束分布较均匀的体现。但是离焦量为 4mm 以上时,焊点的圆度变得不一致,且焊点大小有一定的减小,这可能是因为当离焦量增加到 4mm 后,激光能量在光斑上的分布不均匀导致的。

同时观察到:当离焦量从 0mm 逐步增加到 3mm 时,焊点大小逐步增大,焊点直径由 0.4mm 增加到 0.5mm,这是因为随着离焦量的增加,激光作用在材料表面的光斑变大,导致焊点变大。当离焦量增加到 4mm 时,焊点大小反而减小,可能是因为激光光束分布发生了变化,激光与材料接触的光斑的边缘部分能量较低,导致虽然表面的光斑变大但焊点大小反而减小的现象。焊点直径与离焦量的变化关系如图 3 所示。

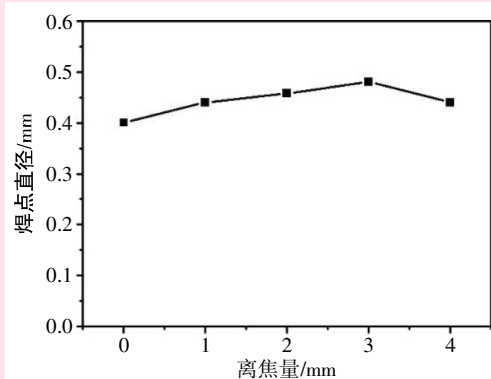


图3 焊点直径与离焦量的关系

#### (二)离焦量对焊点熔深的影响

采用切片机沿着激光焊点的边缘切开,经过粗

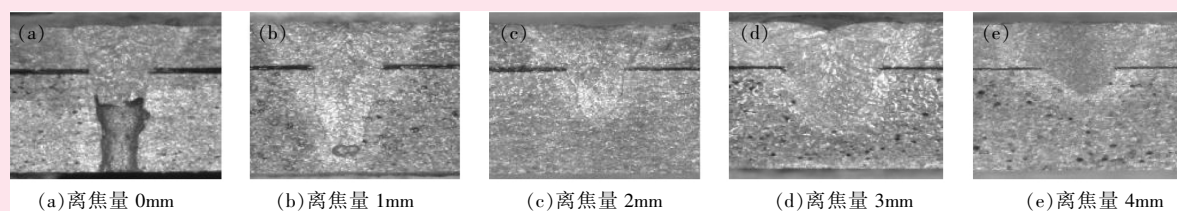


图4 焊点熔深随着离焦量的变化

磨、精磨及抛光处理,边打磨边观察,直到打磨到焊点中心位置,经过腐蚀(硝酸加酒精溶液)处理,测试在不同离焦量情况下,焊点熔深的变化。结果发现,当离焦量为0~1mm时,焊点熔深最深,穿透了下层材料,当离焦量为2~3mm时,焊点熔深变小小,熔透下层材料厚度的1/2。当离焦量为4mm时,焊点熔深明显较小,熔深为下层材料厚度的1/3,如图4所示。

### (三)离焦量对焊接强度的影响

采用拉力机对单个焊点进行强度测试,将下层材料固定,向上拉上层材料,为保证拉力测试数据的准确性,每组参数分别测试3个样品,取平均值。离焦量为0mm、1mm、2mm、3mm、4mm对应的焊点强度分别为7N、8N、11N、15N、6N,总体上随着离焦量的增加,焊点抗拉强度逐渐增大,这是因为随着离焦量的增加,焊点大小增加,特别是上层材料与下层材料接触处的宽度逐渐增加,增大了抗拉强度。但当离焦量增加到4mm以后,抗拉强度降低,应该是因为随着离焦量的增加,光束质量变差以及光斑变大,激光功率密度降低,导致焊点熔深降低,从而焊点强度降低。由实验数据可知,当离焦量为3mm时,单个焊点抗拉强度达到最大的15N。

## 五、结论

本文在不同离焦量情况下,测试了激光光束分布情况,得出结论为:随着离焦量的增加,激光能量在光斑上的分布逐渐变得均匀,但当离焦量超过4mm以后,能量分布变得不均匀。

通过不锈钢的搭接焊接工艺试验,在其他因素

不变的前提下,调节离焦量,测试焊点外观,大小,熔深及抗拉强度,综合外观及强度要求,结论是:随着离焦量的增加,质量趋好,焊点抗拉强度逐渐增大,当离焦量为3mm时,焊点一致,抗拉强度最大,但继续增加离焦量时,焊点强度及质量又有降低的趋势。

### 参考文献:

- [1] 张继祥,刘凤芝,高波,等.AI-Mg系铝合金脉冲激光焊接性能影响因素分析[J].激光技术,2015,(6):863-868.
- [2] 胡敏英,吴志生.铝合金激光焊接的工艺特点及发展现状[J].热加工工艺,2007,36(15):88-90.
- [3] 李晓娜,许先果,边美华.激光焊接在汽车工业中的应用[J].电焊机,2006,36(4):47-49.
- [4] 吴泽锋,李斌,祁小勇.镀锌板-高强镀锌板激光叠焊工艺研究[J].应用激光,2015,(6):666-671.
- [5] 王伟,黄坚,赵耀邦,等.2A14铝合金光纤激光填丝焊热裂纹敏感性研究[J].焊接,2015,(4):27-30.
- [6] 高晓龙,刘晶,张林杰,等.Nd:YAG激光器焊接钛合金薄板的工艺研究[J].焊接,2014,(2):19-33.
- [7] 游敏,郑小玲,王福德,等.CO<sub>2</sub>激光焊残余应力测试与分析[J].焊接技术,2002,31(3):17-18.
- [8] 刘红伟,李京龙,马冰.7A05铝合金激光-MIG复合焊接头组织分析[J].焊接,2013,2(2):46-49.
- [9] 李娜,王智勇,苏国强,等.大功率半导体激光焊接2024和7075的试验研究[J].红外与激光,2007,(36):58-60.
- [10] 邱俊斌,张永康,罗敬文.机器人光纤激光焊接TC4钛合金的工艺研究[J].应用激光,2013,(4):426-429.

[责任编辑:詹华西]

## Study on the Impact of Laser Defocus on Beam Quality and Welding Effect

LI Xu

(College of Bioengineering, Wuhan Polytechnic, Wuhan430074, China)

**Abstract:** The quasi continuous pulse laser was used to test the laser beam quality under different defocusing distance. Then study the change rule of the spot size, welds appearance, weld penetration and the tensile strength. The results show that with the increase of the defocusing distance, the spot size increased, welds uniform, the weld penetration becomes shallow and the tensile strength increases firstly and then decreases. When the defocusing distance was 3mm, the most strength was 15N.

**Key words:** beam quality; laser welding; defocusing distance; welding effect