

文章编号: 1001-3806(2010)01-0116-04

## 高密度聚乙烯塑料激光焊接工艺参量试验研究

储晓猛, 顾佩兰, 杨建新

(江苏大学 机电总厂, 镇江 212013)

**摘要:** 为了研究激光焊接中各工艺参量对高密度聚乙烯塑料焊接件性能的影响, 采用激光穿透焊接高密度聚乙烯试样件, 进行了力学拉伸试验并应用扫描电镜观测其焊缝断口的形貌。试验结果表明, 当光斑直径为2mm、激光功率为75W、焊接速度为2mm/s时, 焊接件断口没有飞边和夹渣, 焊接接头成型良好, 力学性能最佳; 随着激光光斑直径的减小、焊接速度的降低或功率的增加, 接头强度及伸长率均有提高。进一步从激光体能量角度分析了影响接头强度的因素, 证实了激光焊接高密度聚乙烯是一种可行的方法。

**关键词:** 激光技术; 激光焊接; 工艺参量; 性能; 高密度聚乙烯塑料

**中图分类号:** TG456.7 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-3806.2010.01.033

## Study on technical parameters of laser welding HDPE plastics

CHU Xiao-meng, GU Pei-lan, YANG Jian-xin

(Electro-mechanical General Factory, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract:** In order to study the effect of technical parameters on the performance of high density polyethylene (HDPE) plastic welding pieces, with laser permeating a weld HDPE workpiece, mechanical tensile test was carried out and the morphology of the joint fracture was observed with a scanning electron microscopy. Results show that the joint intensity and elongation property accrete with smaller light spot and welding velocity and larger laser power. The welding joint is good and mechanical property is best with laser spot diameter in 2mm, laser power at 75W and welding velocity at 2mm/s. It is proved that laser welding HDPE is a feasible.

**Key words:** laser technique; laser welding; technical parameters; capability; high density polyethylene plastic

### 引言

当前, 激光焊接的材料, 除传统金属材料外, 其范围正在逐步扩大, 在陶瓷、塑料等非金属材料上的应用也越来越多。塑料是有机材料的代表之一, 作为被激光焊接的对象, 要求其必须是热塑性的<sup>[1]</sup>。20世纪70年代, 激光开始被应用到塑料焊接上, 但直到上世纪90年代, 才得到了大规模的工业应用。

目前, 由于激光器技术的限制以及塑料材料本身固有的强度低、耐热性差、易变形等特点, 在塑料工业中, 激光作为焊接工具的应用还不具有普遍性; 塑料激光焊接的成品, 也仅仅限于包装、医疗器械、微电子产品等方面<sup>[2-5]</sup>。本文中应用激光焊接最显著的优点, 对高密度聚乙烯 (high density polyethylene, HDPE) 塑料采用激光焊接, 生成了精密、牢固和密封 (不透气和不漏水) 的焊缝, 而且树脂降解少, 产生的碎屑少, 获得了较为理想的结果。

作者简介: 储晓猛 (1982-), 男, 工程师, 研究方向为激光焊接技术及特种加工技术。

E-mail: cxmwj@yahoo.com.cn

收稿日期: 2008-11-20; 收到修改稿日期: 2008-12-16

### 1 试验材料和方法

#### 1.1 试验材料及原理

本试验中所用材料 HDPE 是高压下乙烯自由基聚合而获得的热塑性塑料, 其抗拉强度为  $0.438\text{kN/mm}^2$ , 伸长率为 5.8%。它具有以下良好的性能: 透明、化学惰性、密封能力好, 易于成型加工。HDPE 塑料激光焊接技术的要求为: 在热作用区内的材料, 要求对激光光波的吸收性好; 不属于热作用区部分的材料, 则要求对光波的透过性好, 尤其在对两件薄塑料件进行激光透射焊接更是如此, WANG 等人对其焊接原理已做了详细的说明<sup>[1-9]</sup>, 如图 1 所示。

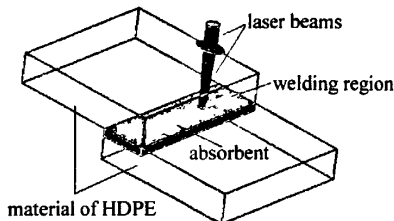


Fig. 1 Laser permeating weld plastics

#### 1.2 试验方法

激光焊机为 LD802 型 YAG 激光加工机。试样尺

寸规格为:50mm×30mm×2mm,如图2所示。由于使

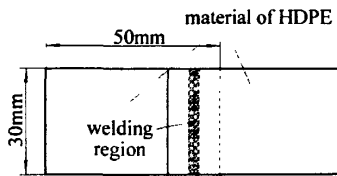


Fig. 2 Standard tensile sample of HDPE welding

用的 YAG 激光加工机,其激光波长为 1064nm,HDPE 塑料对该光束属于全透,所以向热作用区塑料中添加吸收剂(碳黑)<sup>[2]</sup>可以达到目的。焊接试样分为3组:a组、b组、c组(详见实验结果及分析)。在电子万能试验机上进行接头拉伸试验,加载速度为2mm/min,将拉伸试件断口喷银处理后置于扫描电镜下观察其断口形貌。

## 2 试验结果及分析

### 2.1 接头力学性能分析

2.1.1 拉伸试验 a组试验是光斑直径的影响。保持激光功率75W、脉冲宽度4.5ms、脉冲频率10Hz和焊接速度2mm/s不变,改变光斑直径,测得接头的抗拉强度及断后伸长率的平均值见图3。

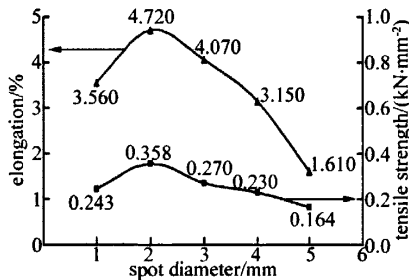


Fig. 3 Effect of spot diameter on the joint property

由图3可以看出,光斑直径改变对接头的力学性能有显著影响。当光斑直径为3mm,4mm,5mm时,焊件未完全焊透,导致接头强度很低,如5<sup>#</sup>试件,其抗拉强度为0.164kN/mm<sup>2</sup>,只有母材强度(为0.438kN/mm<sup>2</sup>)的1/3左右,塑性(断后伸长率为1.61%)与母材(伸长率为5.8%)相比,也只有母材的1/4左右;当光斑直径为2mm时,焊件完全焊透,接头强度可达到母材的80%左右;而光斑直径为1mm时,接头强度和塑性都较低,激光穿透深度虽然增加,但是穿透的面积却减小,焊缝变窄,由此造成焊接接头的力学性能下降。光斑直径为2mm时,接头强度较佳,达到0.358kN/mm<sup>2</sup>。

b组试验是激光功率P的影响。保持光斑直径2mm、脉冲频率10Hz、脉冲宽度4.5ms和焊接速度2mm/s不变,改变激光功率P,测得接头的抗拉强度及断后伸长率的平均值见图4。

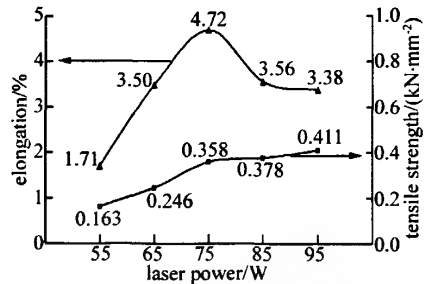


Fig. 4 Effect of laser power on the joint property

由图4可知,随着激光功率P的增加,接头抗拉强度呈上升趋势,功率为75W时接头塑性最高(断后伸长率为4.72%),接头强度达到0.358kN/mm<sup>2</sup>。激光功率为75W时的接头强度虽然低于功率为85W,95W时的接头强度,但其塑性较高,因此,综合评定功率参量为75W时,接头性能较佳。

c组试验是焊接速度v的影响。保持激光功率75W、光斑直径2mm、脉冲频率10Hz、脉冲宽度4.5ms不变,改变焊接速度v,测得接头的抗拉强度及断后伸长率的平均值见图5。

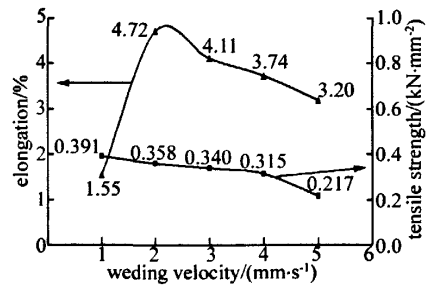


Fig. 5 Effect of welding velocity on the joint property

由图5可知,随着焊接速度v的增加,接头抗拉强度呈抛物线趋势,速度为2mm/s时接头塑性最高(断后伸长率为4.72%),接头强度达到0.358kN/mm<sup>2</sup>。当焊接速度过低时,就会由于过热使板材达到热分解温度,出现碳化现象,有大量的黑色的物质附在焊缝背面,塑性较低(断后伸长率为1.55%);当焊接速度过高时,由于热量吸收不够充分,就会出现少焊、缺焊的现象,上下板得不到很好的连接,焊接强度较差。因此,综合评定焊接速度为2mm/s时,接头性能较佳。

2.1.2 接头外部形貌及微观断口形貌分析 图6为c组中激光功率P=75W时试样外部形貌的照片,在照片中可以看出,焊缝表面形貌良好,无飞溅和气孔。激光焊接高密度聚乙烯板,部分母材发生分解出现黑色物质但大部分仍然保持母材的颜色。也就是说对于透明的塑料,经过激光焊接的焊缝可以得到无污染的透明焊缝。焊缝中存在的黑色物质,是由于激光光束能量分布的特点,使塑料在激光焊接过程中受热不均

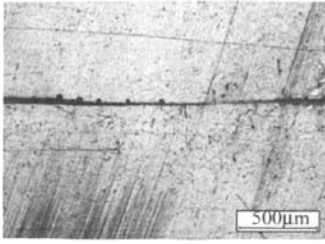


Fig. 6 Weld appearance of laser welding HDPE board

匀,部分塑料达到了其热分解温度,塑料碳化分解。在扫描电镜下观察c组焊接试件中激光功率 $P=95\text{W}$ 时焊件的断口形貌,拍摄断口电镜照片如图7所示。从

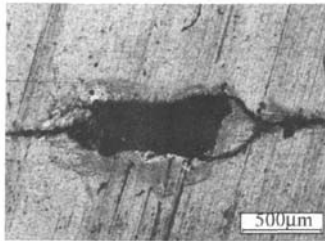


Fig. 7 Fracture appearance of unlinked

图7中可以看出,断口处存在没有连接上的接头,板间有大的孔洞等缺陷,表明焊接过程中只有少部分塑料熔化,板间形成了大的空洞,断口处存在黑色物质,表明焊接过程中部分塑料达到了其热分解温度,塑料发生碳化分解等缺陷。这些缺陷的存在是导致力学性能降低的主要原因。

## 2.2 激光光斑直径、焊接速度和功率对接头性能的影响

激光光斑直径对焊接过程具有非常重要的影响,如果光斑直径太大,造成光斑面积增大,激光光束比较发散,导致激光能量不够集中,进行透射焊接时,会出现接头焊不透现象,从而降低接头的力学性能;如果光斑直径太小,造成光斑面积减小会导致焊缝太窄,这样也会降低接头的力学性能。

激光功率是影响焊接质量的另一个主要参量。功率选择的基本要求是:要保证被焊塑料表面的熔化温度,应维持在HDPE的熔点与沸点之间。功率太小,将会导致塑料熔化不够充分,易出现焊不透现象,从而降低接头强度;若功率太大,焊接时会使塑料表面温度过高,而蒸气压力与温度是成正比例关系,当焊接压力低于蒸气压力时,就会出现气孔,最终影响焊接接头的力学性能。

焊接速度也是激光塑料焊接中的一个主要参量。选择焊接速度的基本要求为光斑的重叠率要达到60%以上。对于脉冲激光焊接,一般采用公式 $v = d \times$

$f \times (1 - k)$  (其中, $d$ 为焊点焦斑直径, $f$ 为脉冲频率, $k$ 为重叠系数)来初步估算焊接速度。如速度太低,则会使激光辐射的能量被HDPE大量吸收,从而会使塑料降解,降低接头强度;如焊接速度过高,则会导致吸收的能量不够,未能使HDPE材料完全融化,接头强度不会很高。

在本实验条件下,影响接头强度的3个因素的大小依次为:光斑直径>焊接速度>激光功率,当激光光斑直径为2mm,功率75W,焊接速度为2mm/s时,获得接头性能较佳。

## 2.3 激光体能量 $Q_v$ 对接头强度的影响

由于激光光斑直径、焊接速度、功率的改变都会造成焊接接头力学性能的改变,因此,综合考虑三者对接头性能的影响,以期获得最佳的工艺参量。为此,引入激光体能量 $Q_v$ 这一概念,QIN等人对激光体能量已做了详细的说明<sup>[10]</sup>。以 $Q_v$ 表示单位时间内的激光功率密度大小:

$$Q_v = P/v \cdot S \quad (1)$$

式中, $Q_v$ 为激光体能量( $\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$ ); $P$ 为激光功率(W); $S$ 为激光光斑面积( $S = \pi d^2/4$  ( $\text{mm}^2$ )); $v$ 为焊接速度( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ ); $d$ 为光斑直径(mm)。随着激光功率的增加,激光光斑面积以及焊接速度的减小,激光穿透深度增加,导致接头熔深增加。但熔深的无限制增加却不能使接头强度加大。为提高接头强度不能仅依靠单一增加功率、减小焊接速度或者减小光斑直径来实现,而需要相互调整以得到最佳参量。因为激光功率太大会使塑料完全熔化,影响焊接质量;而光斑直径太小,会造成焊缝太窄;焊接速度过低会导致气孔等现象,这样都会降低接头的性能。根据前述实验结果,光斑直径在2mm左右,激光功率在75W左右,焊接速度为2mm/s时,可以得到较佳性能的接头。

按(1)式,当焊接速度为2mm/s时,计算在各工艺参量下的激光体能量,得出不同条件下的激光体能量如表1所示。由表1可以看出,随着激光体能量的增加,接头的抗拉强度明显增加,因此,激光体能量可作为评价焊件接头强度的一个综合参量。

Table 1 Results of laser volume energy under different conditions

| spot diameter<br>$d/\text{mm}$ | laser power<br>$P/\text{W}$ | laser power density<br>$Q_v/(\text{J} \cdot \text{m}^{-3})$ | tensile strength<br>$\sigma_b/(\text{kN} \cdot \text{mm}^{-2})$ |
|--------------------------------|-----------------------------|---|---|
| 5                              | 75                          | 3.83  | 0.164   |
| 2                              | 75                          | 23.89   | 0.358   |
| 2                              | 95                          | 30.25   | 0.395   |
| 3                              | 75                          | 10.62   | 0.270   |
| 4                              | 75                          | 5.97  | 0.230   |

由(1)式可知,对于增加 $Q_s$ ,可有3种方式:一是提高激光功率,激光体能量与功率成正比;二是减小光斑直径,激光体能量与光斑直径的平方成反比;三是降低焊接速度,激光体能量与焊接速度成反比。因此,从理论上分析可知,减小光斑直径 $d$ 比增加功率 $P$ 更为有效。故激光光斑直径 $d$ 对接头强度的影响较激光功率与焊接速度更为显著。

### 3 结论

采用激光焊接HDPE是可行的。接头拉伸实验表明,随着激光光斑直径减小和激光功率增加,焊接接头的熔深增加,接头强度提高。与激光功率和焊接速度相比,光斑直径对接头强度的影响更大。综合分析可知,激光体能量 $Q_s$ 可作为评价焊件接头强度的一个综合参量。合理的匹配光斑直径、焊接速度、光斑直径可得到较好的焊接质量。

本实验条件下,激光焊接参量为光斑直径2mm、激光功率75W、脉冲频率10Hz、脉冲宽度4.5ms和焊接速度2mm/s时,获得的接头强度较高且塑性较好。

#### 参 考 文 献

[1] WANG X, DING G M, LIU H X. Investigation on laser welding plastics

technology [J]. Laser Journal, 2007, 28(4): 68-69 (in Chinese).

- [2] ZHANG Sh Y, ZHANG Sh H. Laser welding of plastics [J]. Engineering Plastics Application, 2000, 28(2): 15-17 (in Chinese).
- [3] WANG X, HANG H Zh, DING G M, et al. Investigation on influence of additive on welding quality of laser transmission welding plastics [J]. Applied Laser, 2007, 27(4): 314-317 (in Chinese).
- [4] YUAN H, LAI J J, HE Y G. Experimental study on laser welding of thermoplastics [J]. Optics & Optoelectronic Technology, 2005, 3(1): 18-21 (in Chinese).
- [5] XIE L, LIU L M. Laser welding technology and properties of macromolecule material plastics [J]. Transactions of the China Welding Institution, 2007, 28(5): 97-100 (in Chinese).
- [6] WAN Y L, CAI Y, WANG J Ch, et al. Technology of laser welding plastics [J]. Applied Laser, 2006, 26(2): 93-96 (in Chinese).
- [7] LIU H X, ZHANG H Zh, JI J Q, et al. Methods and present status of laser welding of plastics [J]. Laser Technology, 2008, 32(2): 167-170 (in Chinese).
- [8] ZHANG Sh Y. Application of plastics welding in automobile industry [J]. Plastics, 2004, 33(6): 89-94 (in Chinese).
- [9] ZHAO X L, QI Sh H, ZHANG J, et al. The newest progress on modification research of phenolic resin [J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2003, 15(5): 58-62 (in Chinese).
- [10] QIN G L, LIN Sh Y. Laser welding volume energy and its influence on weld penetration in laser deep penetration welding [J]. Transactions of the China Welding Institution, 2006, 27(7): 74-76 (in Chinese).

(上接第111页)

- [3] WANG T, WU F Q, MA L L, et al. Effect of semarmont prism on distribution of light intensity of single-mode Gaussian beam [J]. Laser Technology, 2008, 32(3): 268-271 (in Chinese).
- [4] MA L L, SONG L K, WU F Q, et al. Splitting angle and light intensity splitting ratio of single-element polarized beams plitting prisms [J]. Laser Technology, 2008, 32(3): 299-301 (in Chinese).
- [5] NI Zh B, SONG L K, LIU J P, et al. The design and performance analysis of modular structural reflectrd polarizing prism of equal splitting

angle [J]. Laser Technology, 2008, 32(2): 151-156 (in Chinese).

- [6] WANG T, WU F Q, MA L L, et al. Effects of nicol prism on the intensity distribution of single-mode Gaussian light beam [J]. Physics Experimentation, 2008, 28(4): 1-5 (in Chinese).
- [7] BASS M. Handbook of optics [M]. New York: McGraw-Hill, 1995: II 3.1-II 3.19.
- [8] ZHOU B K, GAO Y Zh, CHEN T R, et al. Laser principle [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2000: 71-74 (in Chinese).

作者: [储晓猛](#), [顾佩兰](#), [杨建新](#), [CHU Xiao-meng](#), [GU Pei-lan](#), [YANG Jian-xin](#)  
 作者单位: [江苏大学, 机电总厂, 镇江, 212013](#)  
 刊名: [激光技术](#) **ISTIC** **PKU**  
 英文刊名: [LASER TECHNOLOGY](#)  
 年, 卷(期): 2010, 34(1)  
 被引用次数: 0次

### 参考文献(10条)

1. [WANG X.](#), [DING G M.](#), [LIU H X](#) Investigation on laser welding plastics technology 2007(4)
2. [ZHANG Sh Y.](#), [ZHANG Sh H](#) Laser welding of plastics 2000(2)
3. [WANG X.](#), [HANG H Zh.](#), [DING G M](#) Investigation on influence of additive on welding quality of laser transmission welding plastics 2007(4)
4. [YUAN H.](#), [LAI J J.](#), [HE Y G](#) Experimental study on laser welding of thermoplastics 2005(1)
5. [XIE L.](#), [LIU L M](#) Laser welding technology and properties of macromolecule material plastics 2007(5)
6. [WAN Y L.](#), [CAI Y.](#), [WANG J Ch](#) Technology of laser welding plastics 2006(2)
7. [刘会霞](#), [张惠中](#), [季进清](#), [王霄](#), [蔡兰](#) 激光焊接塑料的方法及发展现状[期刊论文]-[激光技术](#) 2008(2)
8. [张胜玉](#) 塑料焊接在汽车工业上的应用[期刊论文]-[塑料](#) 2004(6)
9. [赵小玲](#), [齐暑华](#), [张剑](#), [杨辉](#), [尚磊](#) 酚醛树脂改性研究的最新进展[期刊论文]-[现代塑料加工应用](#) 2003(5)
10. [QIN G L.](#), [LIN Sh Y](#) Laser welding volume energy and its influence on weld penetration in laser deep penetration welding 2006(7)

### 相似文献(10条)

1. 期刊论文 [刘会霞](#), [张惠中](#), [季进清](#), [王霄](#), [蔡兰](#), [LIU Hui-xia](#), [ZHANG Hui-zhong](#), [JI Jin-qing](#), [WANG Xiao](#), [CAI Lan](#) 激光焊接塑料的方法及发展现状 -[激光技术](#)2008, 32(2)  
 首先阐述了激光焊接塑料的原理;其次介绍了几种激光焊接塑料的新方法、特点及应用对象,主要有轮廓焊接、同步焊接、准同步焊接、掩膜焊接、放射状焊接、Globo焊接和衍射焊接;最后论述了激光焊接塑料的发展现状及发展趋势。可以看出,目前研究主要集中于二维焊接,而三维焊接研究得较少。激光焊接塑料正成为激光焊接领域的一个热点,它将取代传统的塑料焊接方法。
2. 期刊论文 [黄开金](#), [林鑫](#), [胡木林](#), [谢长生](#), [陶曾毅](#), [HUANG Kai-jin](#), [LIN Xin](#), [HU Mu-lin](#), [XIE Chang-sheng](#), [TAO Zeng-yi](#) 激光焊接金刚石锯片的研究现状 -[激光技术](#)2006, 30(5)  
 从激光焊接金刚石锯片的焊接过渡层材料成分、焊接工艺和焊接产品检测3个方面对该方法的国内外现状进行了综述。选作刀头过渡层材料成分的元素包括单元素(如Co, Ni)、双元素(如FeCo, FeNi, CoNi, FeCu)和3元素(如FeCoNi, FeCoCu)3种。结果表明,含钴元素的过渡层激光焊接性能优异;金刚石锯片的激光焊接工艺较为成熟;目前需要100%检测激光焊接锯片的强度;对激光焊接过程的机理和数值模型研究、过渡层预合金粉末以及在线质量检测技术研究不够。因此今后的研究重点应该围绕这些问题展开。
3. 期刊论文 [高建昌](#), [邵红红](#), [许友谊](#), [GAO Jian-chang](#), [SHAO Hong-hong](#), [XU You-yi](#) 带防护螺母激光焊接的应用研究 -[激光技术](#)2006, 30(3)  
 论述了激光焊接连接防护罩和螺母的优越性。采用激光焊接的方法分别研究了Q235钢和H62黄铜防护螺母激光焊接后的组织和性能。研究结果表明,防护螺母激光焊接成形具有最窄的热影响区和最小的组织长大倾向,硬度梯度平缓,且防护罩几乎没有变形。
4. 期刊论文 [柳娟](#), [唐霞辉](#), [彭浩](#), [秦应雄](#), [邓青松](#), [LIU Juan](#), [TANG Xia-hui](#), [PENG Hao](#), [QIN Ying-xiong](#), [DENG Qian-song](#) 高效率3工位激光焊接系统的控制优化 -[激光技术](#)2010, 34(1)  
 为了提高高功率CO<sub>2</sub>激光加工系统的光束利用效率与加工过程的自动化程度,利用可编程逻辑控制器和运动控制器设计了一套3工位激光自动焊接控制系统。通过进行时序优化,可同时进行金刚石锯片的普齿、斜齿和金刚石钻头的焊接加工。每个工位可独立完成手动调试、手动/自动焊接,并可以按照激光焊接工艺要求,实时进行激光功率调节。结果表明,该系统可以焊接115mm~600mm的各种普齿、斜齿锯片,以及20mm~250mm的各种金刚石钻头;光束利用率达到95%以上,在同种规格产品加工过程中,生产效率提高了50%,同时,系统具有全面的故障诊断、报警等功能。
5. 期刊论文 [伍强](#), [徐兰英](#), [陈根余](#), [龚金科](#), [李力钧](#), [WU Qiang](#), [XU Lan-ying](#), [CHEN Gen-yu](#), [GONG Jin-ke](#), [LI Li-jun](#) CO<sub>2</sub>激光焊接高强度镀锌板的试验研究 -[激光技术](#)2007, 31(6)  
 为了研究汽车专用高强度镀锌钢板的CO<sub>2</sub>激光焊接性能,采用侧吹保护气体的方法,进行了大量的焊接试验,并对焊缝进行了显微组织分析和相关的机械性能试验。在试验的基础上,选择了焊接保护气体的种类,分析了热输入工艺参数对材料深熔焊接熔化特性的影响,解决了因锌的蒸发及环境中水分等因素的影响下,在激光焊接时焊缝中易于形成气孔的问题。结果表明,在侧吹保护气体的条件下,激光深熔焊接能有效地避免高强度镀锌钢热影响区的软化和控制焊缝气孔及焊接接头裂纹的产生。

6. 期刊论文 [张晓红](#). [张旭东](#). [陈武柱](#). [雷华东](#). [ZHANG Xiao-hong](#). [ZHANG Xu-dong](#). [CHEN Wu-zhu](#). [LEI Hua-dong](#) [脉冲](#)

[CO<sub>2</sub>激光焊接30CrMnSiA气孔控制及机理分析 -激光技术2007, 31 \(4\)](#)

为了研究激光深熔焊气孔的产生规律及抑制气孔的措施,采用脉冲CO<sub>2</sub>激光焊接的方法,得到了未焊透时焊缝气孔率和脉冲参数的关系.结果表明,在脉冲频率低于50Hz时,焊缝气孔随着脉冲频率的增加显著减少,当频率在50Hz~200Hz范围时,可以稳定地抑制焊缝气孔的产生.适当提高占空比有利于减少气孔数量.

7. 期刊论文 [陈绮丽](#). [黄诗君](#). [张宏超](#). [CHEN Qili](#). [HUANG Shijun](#). [ZHANG Hongchao](#) [激光技术在材料加工中的应用现状](#)

[与展望 -机床与液压2006, "" \(8\)](#)

简述了激光加工的特点,综合介绍了激光切割、激光打孔、激光标记、激光焊接、激光表面热处理、激光成形以及激光快速原型在材料加工中的应用现状,并结合现在的加工要求,对激光技术未来的发展趋势进行了展望.

8. 期刊论文 [王家淳](#). [王希哲](#). [惠松骁](#) [HE130合金激光焊接线能量与焦点位置研究 -中国激光2003, 30 \(2\)](#)

实验研究了连续Nd:YAG激光焊接线能量和激光焦点位置对HE130合金焊缝成形质量的影响.通过试验确定了不同板厚HE130合金激光焊接时的有效线能量,并量化了有效线能量与熔深及深宽比的关系,得到了HE130合金激光焊接的有效线能量曲线和激光功率与焊接速度在不同板厚范围内的匹配曲线.为获得最佳的焊缝成形(焊缝深宽比及焊缝背面成形),通过试验确定了不同板厚HE130合金激光焊接时的最佳激光焦点位置,并量化了它与板厚的关系,即最佳激光焦点位置曲线.

9. 期刊论文 [王海林](#). [黄维玲](#). [周卓尤](#). [曹红兵](#) [8 mm厚不锈钢板的Nd:YAG激光焊接 -中国激光2003, 30 \(5\)](#)

探讨了采用高功率Nd:YAG连续激光器焊接8 mm厚不锈钢板的工艺方法及工艺参数.实验结果表明,用氮气作为保护气体,在激光功率4000 W,焊接速度0.5 m/min,焦点位置在工件表面下2 mm处时,即使两块厚不锈钢板之间有0.3 mm间隙,且存在0.8 mm的高度差,仍可获得满意的焊接效果.焊缝的硬度是母材硬度的2倍.

10. 会议论文 [陈虹](#). [祁俊峰](#). [吴世凯](#). [张正伟](#). [陈铠](#). [肖荣诗](#). [左铁钊](#) [光束聚焦特性对激光焊接的影响](#) 2005

采用理论和实验两种方法研究了光束聚焦特性对激光焊接的影响.结果表明,获得足够高的功率密度是实现激光深熔焊接的前提条件,焊缝形状和深度、宽度取决于焊接能量的输入.在相同工艺参量条件下,焦斑大小决定了可以获得的功率密度;焦深决定了聚焦光束准直的范围;聚焦角影响到小孔壁的非涅耳吸收.可以说,光束聚焦特性反映了聚焦光束不同横截面处光束束宽,导致了可以获得的功率密度的不同,进而对激光焊接结果产生影响.实际应用中,应根据需求选择合适激光器、聚焦系统以及焦点位置,得到最优的聚焦状态,获得理想的加工质量.

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jgjs201001035.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jgjs201001035.aspx)

授权使用: 东南大学图书馆(dndxytsg), 授权号: f087807c-720f-40d7-90e0-9dc5005b1e2b

下载时间: 2010年8月1日