

板材激光切割表面质量影响因素的实验研究*

佟明¹ 王维¹ 杨光^{1,2} 王兴良¹

(¹沈阳航空工业学院 机电工程学院 沈阳 110136) (²中科院沈阳自动化研究所 沈阳 110014)

Do experiments to research affecting factors of Laser cutting surface of the materials

TONG Ming¹, WANG Wei¹, YANG Guang², WANG Xing-liang¹

(¹School of Mechanical and Electrical Engineering, Shenyang Institute of Aeronautical Engineering, Shenyang 110136, China)

(²Shenyang Institute of Aeronautical Engineering, Shenyang 110014, China)

【摘要】激光切割以其切割范围广、速度快、切缝窄、热影响区小、加工柔性好等优点而广泛应用于各种加工领域,是激光加工中发展最为成熟的一种技术。基于激光切割理论,依靠大量实验完成了对激光切割工艺参数的优化。对影响激光切割表面质量的主要因素,如工作气体、激光功率、光斑模式、辅助气体、离焦量及扫描速度进行分析对比,以切口的表面粗糙度作为衡量的指标,总结出该实验材料的最优工艺参数。

关键词 激光切割 工艺参数 表面粗糙度

【Abstract】 Laser cutting has been found widely using in the manufacturing industry because of its many advantages, such as the wide-range cutting scale, high cutting speed, narrow cutting kerf, small Heat-Affected zones and flexible cutting process and so on. In this subject, we optimize the process of laser cutting with a lot of experiments depend upon the theory of laser cutting. The process parameters were analyzed in detail by theory and the result of vast experiments, such as laser gas, laser power, auxiliary gas, material thickness and so on. In the end, summarizing optimal cutting quality and the best process parameters should be reached by measuring the surface roughness of the incision.

Key words Laser cutting Process parameters Surface roughness

中图分类号: TH16, TG4 文献标识码: A

1 引言

激光切割是以激光的巨大能量(功率密度)直接聚焦在被切零件的表面,产生足以使切割材料熔化甚至汽化的温度,再辅以喷射气体吹化,从而达到分离材料的目的^[1]。激光切割本身具有很多优点:

(1)激光切割的切缝窄,切缝宽度最小可以达到 0.1 mm,一般在(0.227~0.385)mm 范围内,热影响区小,工件变形小。

(2)不同波长的激光束能切割多种材料,如钢材、木材、橡胶等等。还可以切割易碎的脆性材料,如玻璃、陶瓷等。

* 来稿日期: 2009-12-4

足中功率金卤灯生产所需的注汞要求。

5 结论

拖板式注汞器注汞时把汞装入到定容积封闭小孔内,保证了注汞的精度,改变小孔的直径可以设计成不同注汞量范围的注汞器。调节小孔内的调节针的高度位置,可改变注汞量,以满足不同灯的注汞要求,用于各类气体放电灯生产中,使用范围广泛。

拖板采用无油润滑,保证汞不被污染,进而保证了灯的质量。拖板采用浮动设计,用弹簧把拖板压紧在底板上,使拖板与底板间无间隙,即使拖板有磨损,也不会产生漏汞现象。与传统针管

(3)只须定位不需夹紧,划线,去油等准备工序,工件无机械应力及表面损伤,无刀具磨,可以切割不穿透的盲槽。

(4)切口平行度好,表面粗糙度好,切边洁净。

(5)切口可以向任何方向进行,可以切割尖角,可以转弯,可从任何一点开始。

(6)激光束可控性强,并有高的适应性和柔性,因而与自动化装备相结合很方便,容易实现切割过程自动化^[2];由于不存在对切割工件的限制,激光束具有无限的仿形切割能力,易于数控和计算机控制,并可以多工位操作,与计算机结合,可以整张

式、针吸式和转轴式注汞器相比,可以提高注汞精度,减小过量注汞,汞杯采用氩气保护,不使汞蒸气外溢,减小汞对环境的污染。

参考文献

- 1 Guthrie G; Dilworth M; Sen, D. Reducing mercury exposure in fluorescent lamp manufacture - workplace case study. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2006
- 2 Born M, Strosser M, Giese H. Mercury-free automotive discharge lamps. Light Sources 2004. Tenth International Symposium on the Science and Technology of Light Sources, 2004: 179-80
- 3 何荣开. 电光源行业中注汞器的选用. 中国照明电器, 2008(5)

板排样,节省材料。

2 激光切割表面质量影响因素

2.1 评定标准

金属材料在高能量密度的激光束作用下产生熔化,同时在与激光束同轴的高压气流(部分气体参加了化学反应生成金属氧化物)的作用下,克服金属表面张力和由于粘度作用产生的粘着拉力,使大部分熔融金属除去,如图1所示,但切割边缘少量熔融金属,在高速冷却条件下,又重新凝固而附着在金属切口端面形成切口表面,这些因素的共同作用,决定了金属切口表面粗糙度等级。因此切缝宽度,切口表面粗糙度,熔渣在切口中的流动及熔渣粘附是衡量激光切割表面质量的关键^[3]除此之外还包括以下几点:(1)切边垂直度和斜度;(2)切割边缘园角尺寸;(3)条纹后拖量;(4)平面度^[4]。

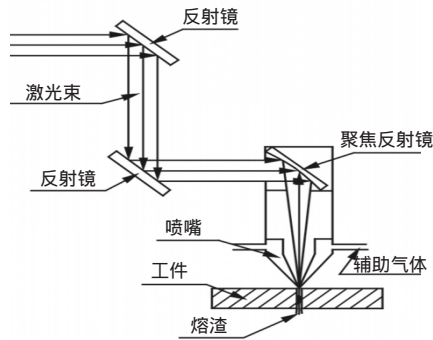


图1 激光切割原理图

2.2 影响因素分析

影响激光切割质量的因素很多,前人曾总结出近50种影响因素^[5]。本文在此基础上,结合自身的经验,主要从以下几方面进行分析:

2.2.1 切割速度

切割速度不但与激光功率密度有关,而且与光束模式有关。另外切割速度还与被切材料的厚度有一定关系。

2.2.2 焦点位置

一般来讲,切割时焦点位置应处在工件表面,或稍微在表面以下。当焦点处于最佳位置时,割缝最小,效率最高,可以获得最佳切割结果。在大多数情况下,光束焦点调整到刚处于喷嘴下,喷嘴与工件表面间距一般为1.5mm左右或位于板厚的1/3处。

2.2.3 辅助气体的种类

对非金属材料和部分金属材料,使用压缩空气或惰性气体(如氮气);对于大多数金属激光切割则使用活性气体(主要是氧气)。

2.2.4 辅助气体的压力

在确定辅助气体种类之后,气体压力大小是一个极为重要的因素。当高速切割薄型材料时,须较高气体压力以防止切口背面粘渣。当材料厚度增加或切割速度较慢时,则气体压力宜适当降低。

2.2.5 激光输出功率

激光功率越大,所能切割的材料厚度也越厚,但相同功率

的激光,因材料的不同,所能切割的厚度也不同。在实际操作时,常常设置最大功率来获得最高切割速度,或用来切割较厚的材料。

2.2.6 光输出模式

光束能量在横断面上的分布即所谓的光束模式对于激光切割也有很大的影响。它直接与光束的聚焦能力有关,相当于机械切割刀具的尖锐度。

2.2.7 工件本身特性的影响

包括材料表面反射率,材料的表面状态和材料的厚度。

由以上分析可以知道,影响激光切割的因素较为复杂,但切割速度,焦点位置,辅助气体种类和压力,激光功率,光束模式结构和工件本身特性是七个最重要的变量,如发现切割质量明显变坏,首先要讨论以上因素并加以调控。

3 实验方法

用波长为10.6μm、5kW横流CO₂激光器,光束聚焦使用150mm的透镜。激光光束的输出经过2个反射镜和1个透镜。试验材料为Q235低碳钢板,试样厚度为3mm。其化学成分和力学性能如表1、表2所示。

表1 Q235钢板的化学成分(质量分数,%)

C	Mn	Si	S	P
0.14~0.22	0.30~0.65	0.30	≤0.050	0.045

表2 Q235钢板的力学性能

拉力强度 MPa	屈服点 MPa	伸长率(%)
375~500	235	26

在激光切割工艺试验中,辅助工艺气体为O₂,压力为0.5MPa。在实验过程中每组实验改变其中一种参数,其他参数不变。

4 实验结果与分析

4.1 实验分析

实验一 改变离焦量(本实验以工件的上表面到切割喷嘴的垂直距离来表示)

表3 切割实验一

工件号	激光器功率(KW)	板材厚度(mm)	离焦量(mm)	扫描速度(mm/s)	备注(切口质量)
2	1395	3	0.5	30	好
4	1395	3	0.3	30	好
6	1395	3	0.8	30	一般
8	1395	3	1	30	一般

分析 理论上,工件在焦点处切割,切口效果最好。

结论 离焦量在0.5mm和0.3mm时,切缝效果最好,但考虑到0.3mm时工件与喷嘴距离太小,对喷嘴有损伤,故选择0.5mm为最接近焦点处。

2号件 纹理之间距离较窄,垂直方向基本垂直,表面粗糙度较好



4 号件 纹理之间距离较窄,垂直方向基本垂直 表面粗糙度较好



6 号件 纹理之间距离宽,垂直方向倾斜很大 表面粗糙度不好



8 号件 纹理之间距离宽,垂直方向倾斜很大 表面粗糙度不好



实验二 改变扫描速度

分析 扫描速度是激光切割的一个重要因素,对切口质量影响很大。

结论 根据工件的切口质量,很明显的看出,在 20mm/s 时,切口质量最好。

表 4 切割实验二

工件号	激光器功率(KW)	板材厚度 (mm)	离焦量 (mm)	扫描速度 (mm/s)	备注 (切口质量)
2	1395	3	0.5	30	一般
12	1395	3	0.5	20	好
14	1395	3	0.5	10	较好
16	1395	3	0.5	15	一般
20	1395	3	0.5	35	差

2 号件 纹理之间距离较窄,垂直方向基本垂直 表面粗糙度较好



12 号件 纹理之间距离很窄,垂直方向垂直 表面粗糙度好



14 号件 纹理之间距离宽,垂直方向倾斜 表面粗糙度太差



16 号件 纹理之间距离宽,垂直方向倾斜 表面粗糙度差



20 号件 纹理之间距离宽,垂直方向倾斜 表面粗糙度差



实验三 改变激光器功率

表 5 切割实验三

工件号	激光器功率(KW)	板材厚度 (mm)	离焦量 (mm)	扫描速度 (mm/s)	备注 (切口质量)
12	1395	3	0.5	20	好
24	1178	3	0.5	20	较好
26	1015	3	0.5	20	较好
28	800	3	0.5	20	一般

分析 激光功率在 1kw 以上时,对切口影响不是很明显,在 1kw 以下,切口质量开始下降。

结论 在功率为(1000~1500)kw 时,切口质量最好。(本光路引导系统所采用的聚焦透镜最大可承受 1500kw 的功率,超过此值时,透镜很容易破碎)。

12 号件 纹理之间距离很窄,垂直方向垂直 表面粗糙度好



24 号件 纹理之间距离窄,垂直方向垂直 表面粗糙度较好



26 号件 纹理之间距离窄,垂直方向垂直 表面粗糙度较好



28 号件 纹理之间距离窄,垂直方向垂直 表面粗糙度较好



4.2 切口质量分析

4.2.1 切缝宽度

激光切割金属材料时,切缝宽度同光斑直径有很大的关系。切割低碳钢薄板时,在适当加快切割速度的情况下,切口宽度大致等于光斑直径。随着板厚的增加,切割速度下降,而且上部的切口宽度也往往大于光斑直径。切缝宽度的测量比较直观,而且数据测量也较为准确,因而是衡量切割质量的主要指标之一。

4.2.2 切割面的粗糙度

影响激光切割面的因素很多,除光束模式和切割参数外,还同照射功率密度、工件的材质和厚度有关。另外,沿板厚方向其切割面粗糙度也存在很大的差异,一般上部较细,下部较粗。通常粗糙度测定区指距上边缘(0.5~1)mm 处的平均粗糙度。

4.2.3 熔渣在切口中的流动及熔渣粘附

在用氧气作辅助气体激光切割低碳钢时,在合适的切割速度下不发生熔渣粘附现象,而当切割速度过慢或过快时,就会出现粘渣。

5 结论

(1)用 5KW 二氧化碳激光器切割 3mm 低碳钢时,用氧气做辅助气体,离焦量为 0.5mm、激光器功率为 1395W、扫描速度为 20mm/s、吹气量 0.5Mpa 时可得到最佳的切割质量。

(2) 较低的激光功率和较快的切割速度有利于减小切缝宽度和热影响区大小。

(3)实验证明,在激光切割过程中激光功率、扫描速度、离焦量、吹气量、板材厚度以及材料本身的特性等诸多因素影响着切口的质量。其中最为显著的是切割速度、输出功率和板材的厚度。为保证产品的技术性,获得良好的切割质量,需要选择合适的切割速度,同时为提高产品的经济性,提高工效、降低成本,还需要在保证品质的前提下,尽可能缩短切割时间。

(4)随着激光切割工艺的完善,激光切割以逐步从试验转化为工业化生产力,从一般的工业应用向精细加工领域发展。

参考文献

- 1 鄢铨,李力钧,李娟,谢小柱,张屹.激光切割板材表面质量研究综述[J].激光技术,2005,29(3):270~274
- 2 陈树明.激光切割技术现状与发展[J].锻压机械,2002(2):3~5
- 3 花银群,陈瑞芳,张永康,杨继昌.激光切割表面质量比照判别与控制方法[J].金属热处理,2001,26(11):25~27
- 4 毕玉春,汪小锋.浅谈激光切割技术[J].中国水运,2007,5(4):194~195
- 5 何月鹏,王隆太.激光切割质量的因数分析[J].扬州职业大学学报,2008,12(1):28~30
- 6 J FIERET, M J TERRY, B A WARD. Aerodynamic interactions during laser cutting[J].SPIE,1986,668:53~62