

中低功率双 CO₂ 激光切割机的开发与应用

甘家梁¹ 孙红安² 唐海昌²

(¹ 孝感学院计算机与信息科学学院, 湖北 孝感 432100; ² 孝感市森茂机械设备有限公司, 湖北 孝感 432100)

摘要 研究了大功率单 CO₂ 激光切割机和小功率双 CO₂ 激光切割机的切割原理, 分析了在用这两种形式的激光切割机切割非金属材料木质模切板时, 激光功率、切割速度与切割深度、切割的缝形缝宽之间的关系。试验结果表明, 用中小功率双 CO₂ 激光切割机切割非金属木质板材, 无论是设备的制造成本、运行成本, 还是切割的精度和缝形缝宽, 同用大功率单 CO₂ 激光头切割机相比有很多优势。

关键词 激光器; 双向切割; 激光功率; 切割深度

中图分类号 TG485; TP202 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/LOP48.091406

Applied Research on Medium and Low Power Level Dual-CO₂-Laser Cutting Machine

Gan Jialiang¹ Sun Hong'an² Tang Haichang²

(¹ School of Computer Science and Information, Xiaogan University, Xiaogan, Hubei 432100, China)
(² Xiaogan Senmao Machinery Equipment Co., Ltd., Xiaogan, Hubei 432100, China)

Abstract Cutting principles of high-power single-CO₂-laser cutting and low-power dual-CO₂-laser cutting are discussed. Non-metallic materials such as wood die-boards are cut by using these two laser cutting techniques. The dependences of cutting depth and seam shape on laser power and cutting speed are analyzed. The results show that cutting wood die-boards with low-power dual-CO₂-laser cutting has many advantages over high-power single-laser-head cutting in the manufacturing costs, operating costs, cutting precision and seam shape.

Key words lasers; bilateral symmetry cutting; laser power; cutting depth

OCIS codes 140.3470; 140.0140; 220.3630; 140.3298; 140.3300

1 引言

随着激光切割技术的迅猛发展, 用激光切割机加工非金属板材的工艺已经比较成熟, 在包装工业和广告等行业得到广泛的应用^[1], 但也存在许多不尽人意的方面。目前多数激光加工过程使用的是单头大功率激光器, 运行成本和维护成本高, 影响了先进的激光切割技术在中小企业的应。根据市场情况开发和研制出了一种小功率双 CO₂ 激光头切割机, 采用两台 100 W 的 CO₂ 激光器, 用双切割头对模切板进行双面同轴对切, 实现了使用小功率激光器切割模切板, 解决了切割缝隙宽度和切割缝表面不规整等技术问题, 提高了非金属板材的切割质量, 同时也解决了大功率激光切割机制造成本、维护成本和实际应用成本高的问题。该产品已经投入批量生产, 并在木材加工、广告、包装等行业得到广泛应用。

CO₂ 激光切割机是光、机、电一体化的综合技术设备。激光束的参数、机器与数控系统的性能和精度都直接影响激光切割的效率和品质^[2,3]。在双 CO₂ 激光刀模切割机的研发阶段解决了 4 个方面的关键技术问题: 1) 双激光切割机对切时, 木板(非金属材料)切透后对剩余激光的处理, 避免上下光路互相干扰; 2) 双激光头焦点的跟踪, 它直接关系到模切板上下缝形和质量, 由于采用非接触式切割, 上下两个激光头与工件的要求一致, 焦距到切割点的距离控制要求较高^[4]; 3) 切割缝宽及精度, 在一次性切透材料的情况下, 一定要满足

收稿日期: 2011-03-01; 收到修改稿日期: 2011-03-21; 网络出版日期: 2011-06-30

基金项目: 科技部科技型中小企业技术创新基金(08C26214201077)资助课题。

作者简介: 甘家梁(1966—)男, 硕士, 副教授, 主要从事自动控制科学与激光电源等方面的研究。

E-mail: xgjlgan@163.com

切割缝隙的宽度,且要求上下口一致,误差要小,按模切板的要求切割精度必须达到 0.2 mm/m;4)激光切割时,会产生大量的烟雾,需及时处理,以免影响光的传输效率。

本文就单激光头切割机和双激光头切割机切割同一性质的木质板材,在不同功率下进行了试验,对切割后模切板的质量进行了分析对比研究,找出最佳的切割功率效率和性价比,为产品的研发提供依据。

2 单激光头切割机切割非金属板材的技术性问题

由于激光的单色性好、发散角小,在理论上可聚焦到尺寸与光波波长相近的小斑点上,其焦点处的功率密度可达 $10^7 \sim 10^{11}$ W/cm²,温度可高达上万摄氏度,因此,它是一种理想的切割热源^[5,6]。激光切割以其切割范围广、速度高、切缝窄、质量好、热影响区小和加工柔性大等优点得到了极为广泛的应用,成为激光加工中最成熟的技术之一。

激光切割机是利用经聚焦的高功率密度激光束照射工件表面,使照射的材料迅速熔化或烧蚀气化,同时借助高压气体吹除碳化物,从而实现工件割开的一种热切割方法。其切割原理如图 1 所示。

2.1 激光功率对切割深度的影响

激光功率与切割速度的选择是影响切割质量和效率的关键因素。研究和实践应用表明,激光功率直接影响切割速度的大小,在一定条件下,激光器功率越大,切割速度也越大,从而大大提高生产效率,但同时也存在功率浪费和缝形问题。在研发中证明激光切割木质板材的性能与激光功率有很大的关系,也与板材的材质和湿度有关。使用单头大功率激光切割机,对木质板材(实验时用干燥的杉木)而言,在切割速度为 0.3 m/min 时,激光功率与切割深度的关系如图 2 所示。

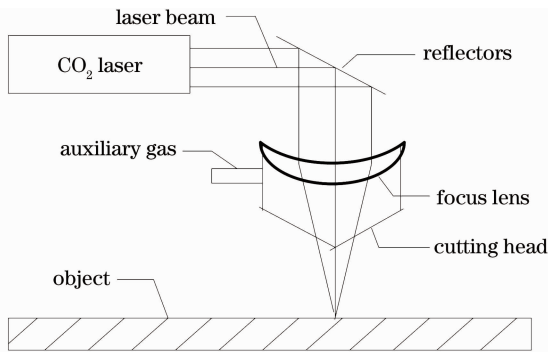


图 1 单激光器切割机工作原理

Fig. 1 Working principle of single-laser-head cutting machine

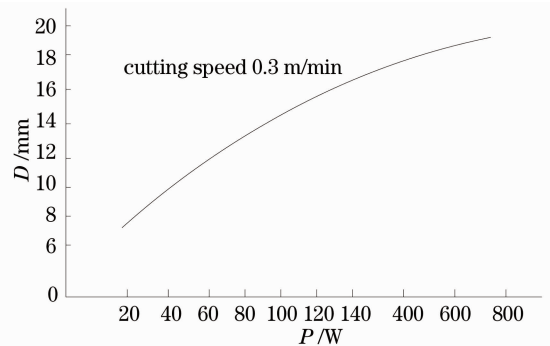


图 2 单 CO₂ 激光切割机激光功率与切割深度的关系

Fig. 2 Relation between laser power and cutting depth for single-CO₂-laser cutting machine

从图 2 的试验结果可知,在同一切割速度下,切割深度随着激光功率的增加而增加。这是因为功率越大,功率密度越大,单位时间内输入的能量多,切割的深度也就越大^[7]。单激光器切割木质模切板时,激光功率在 100 W 以内,切割深度与功率基本成线性关系,而在 100 W 以上,切割深度并未随功率的增大而发生太大的变化。其主要原因是 CO₂ 激光对木质板切割深度有一个阈值效应,在激光功率达到切开材料的阈值之前,切割深度与功率成线性关系,而在激光功率超过阈值后,增大功率并不能达到线性增加切割深度的目的。主要制约因素是激光功率大量被已经切开的板材表面吸收^[8],使模切板上表面缝形变宽;若要进一步切深木质板,就必须以更大功率为代价^[9,10]。因此在该行业内单头大功率激光切割机通常最小功率在 600 W 以上,而市场上通用的切割机其激光功率在 1200 W 左右^[1]。

2.2 激光功率对木质板材缝宽和缝形的影响

激光功率的大小和切割速度的快慢不但影响木质板材的缝宽,也影响着缝形,即切缝的上、下口尺寸随着功率和切割速度而变化。对于激光切割的切缝而言,上下口尺寸相等即矩形缝是最理想的,但实际应用中很难做到。用单头大功率 CO₂ 激光器对 20 mm 厚的木质板材进行切割,调节激光功率,分别为 40, 60, 100, 200, 400, 600 和 800 W。试验结果如图 3 所示。

由图 3 可见,随着激光功率的增加,切缝上表面变宽,且上、下口的变化趋势不同。在低功率区,下口宽度略小于上口,加缝为倒梯形缝;在高功率区,上口宽度远大于下口,切缝为明显的梯形缝,这是由于材质表面吸收了激光功率,随着功率的增加,上口的变宽速率大于下口。在激光功率为 100 W 左右时,下口的宽度基本等于上口的宽度,切缝接近矩形缝,缝宽在 0.52 mm 内。

显然,用单激光切割机做模切板时,切割质量受到一定限制,激光加工完成后还需进行人工打磨,才能保证模切板的质量要求。

3 小功率双 CO₂ 激光头切割机的原理和工艺研究

由于大功率单激光头切割机制造成本和运行成本高,在切割非金属板材时没有性价比上的优势,因此该产品得不到广泛的应用。根据市场需求,采用一种新的切割方式,研究和开发出了一种新的小功率双 CO₂ 激光头切割机,采用双向对切,其原理如图 4 所示。

该切割机充分利用了激光功率对木质材料切割深度的阈值效应,变单向切割为双向切割,在阈值范围内完成对厚度为 20 mm 以内的木质模切板的切割,而无需增加激光功率造成阈值之上激光能量的浪费。激光功率与切割深度关系如图 5 所示。

对图 5 和图 2 进行比较分析,可以看到在相同的速度下利用双激光器对切制造模切板,要达到与大功率单激光切割机一样的效果所需功率只有后者的 1/4,而切割质量却大大提高。利用双 CO₂ 激光切割机制作模切板,影响加工质量的主要因素是上下激光器光路的调节、焦距对切缝的影响、精度补偿等问题。

3.1 光路调节

激光切割机工作时,如果切割激光头运动,很难保证上下激光头在一条轴线上。激光光路稍微偏移即会产生很大的误差。同时必须对运动的激光头进行强冷和排烟,在这个过程中很容易产生振动,也会带来误差。为了避免由激光器的运动产生的累积误差,采用激光头固定而让工件所处的工作台进行二维运行的设计,运行在计算机控制下进行,既保证了切割光路的稳定,又保证了切缝的一致性和整体图形的精度。光路的干扰得以避免,同时激光头易于跟踪。

3.2 切缝调节

模切板的制作对切缝的要求比较高。激光切割的切缝宽度可调范围有一定的局限性,对于 CO₂ 激光切割木质板材而言,其范围通常仅在 0.30~0.71 mm,对于宽度达 0.71 mm 以上的切缝其切割就难以完成,一般采用切缝对中心偏移两次的办法完成指标要求。在试

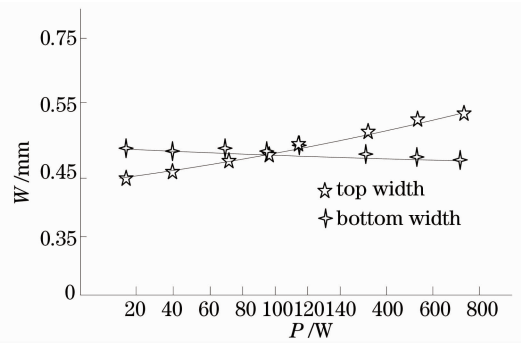


图 3 单 CO₂ 激光切割机激光功率对缝宽和缝形的影响
Fig. 3 Effect of laser power on the shape and with of slit for single-CO₂-laser cutting machine

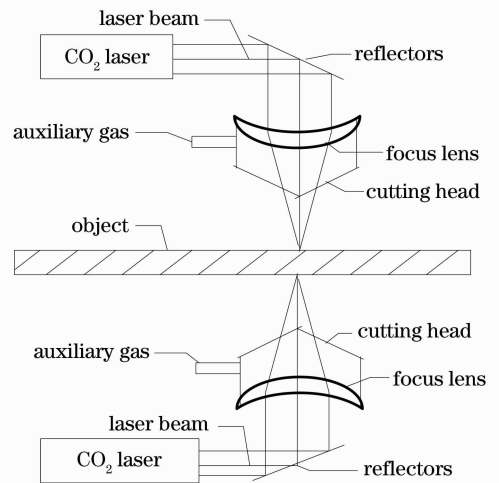


图 4 双激光器切割机工作原理
Fig. 4 Working principle of dual-laser-head cutting machine

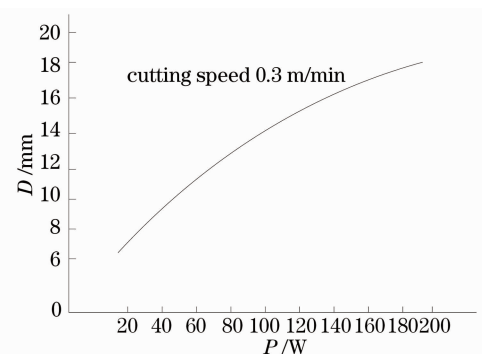


图 5 双 CO₂ 激光切割机激光功率与切割深度的关系
Fig. 5 Relation between laser power and cutting depth for dual-CO₂-laser cutting machine

- 2008, **29**(1): 66~67
韩海峰, 唐霞辉, 钟如涛 等. 三明治金刚石锯片激光切割工艺研究[J]. 激光杂志, 2008, **29**(1): 66~67
- 4 Yan Yinzhou, Ji Lingfei, Bao Yong *et al.*. Reseraches and developments of laser processing ceramics technique[J]. *Laser Journal*, 2008, **29**(6): 5~8
闫胤洲, 季凌飞, 鲍勇 等. 高硬脆陶瓷激光加工技术的研究及进展[J]. 激光杂志, 2008, **29**(6): 5~8
- 5 Guan Chaoliang, Dai Yifan, Yin Ziqiang. Freeform surface optical components machining by slow tool servo diamond turning[J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2010, **47**(2): 022202
关朝亮, 戴一帆, 尹自强. 自由曲面光学元件的慢刀伺服车削加工技术[J]. 激光与光电子学进展, 2010, **47**(2): 022202
- 6 C. Peters Curtis, M. Banas Conrad. Cutting wood and wood based products with a multikilowatt CO₂ laser[J]. *Forest Products Journal*, 1977, **27**(11): 41~45
- 7 Ng SL, Lum KCP, I. Black. CO₂ laser cutting of MDF: 2. estimatin of power distribution[J]. *Opt. Laser Technol.*, 2000, **32**(1): 77~87
- 8 Wen Jinwei, Zhang Shan, Zhang Guihua *et al.*. Control of the seam width and shape in laser cutting rotary die-board[J]. *J. Optoelectronics Laser*, 2003, **14**(1): 79~82
温劲苇, 张珊, 张桂华 等. 激光切割圆形模切板缝宽和缝形的控制[J]. 光电子·激光, 2003, **14**(1): 79~82
- 9 Yang Suqing, Zhou Jiping. Application of CO₂ laser cutter in plates processing and its key technology analysis[J]. *Machine Building & Automation*, 2007, (6): 68~70
杨苏庆, 周骥平. 激光切割板材的关键技术[J]. 机械制造与自动化, 2007, (6): 68~70
- 10 Xie Xiaozhu, Hu Wei. Parametrical study on laser cutting dieboard[J]. *Mechanical Engineer* 2008, (6): 25~26
谢小柱, 胡伟. 激光切割模刀板的参数研究[J]. 机械工程师, 2008, (6): 25~26
- 11 Fan Yanhong, Zhou Yucheng, Li Yake. Optimize the technologic parameter of laser cutting by the orthogonal experimentation[J]. *Laser Journal*, 2008, **29**(5): 83~84
范彦宏, 周玉成, 李雅克. 正交实验法在激光切割工艺参数选取中的应用[J]. 激光杂志, 2008, **29**(5): 83~84
- 12 Wu Delin, Niu Decao. Investigation and applications of UV 355 flexible processing machine[J]. *Laser Journal*, 2008, **29**(4): 69~70
吴德林, 牛得草. UV 355 PCB 柔性加工机床的研制及其应用[J]. 激光杂志, 2008, **29**(4): 69~70