

激光切割模切板的参数研究

谢小柱, 胡伟

(广东工业大学 机电工程学院, 广州 510006)

摘要:采用 CO₂ 激光切割模切板, 研究激光功率、切割速度、焦点位置等参数和切割深度之间的相互关系, 研究如何确定最大切割速度和优化切割速度。试验结果表明, 随着激光功率增加、切割速度减小和焦点位置下移, 切割深度增加; 给定材料厚度下的最大切割速度大于最佳切割速度。通过对切缝形状的观察发现, 两壁面对激光有壁面聚焦效应, 多次反射有利于切割深度的增加, 并给出判断存在多次反射的方法。

关键词:激光切割; 模切板; 激光参数; 切割深度

中图分类号: TG665

文献标识码: A

文章编号: 1002-2333(2008)06-0025-02

Parametrical Study on Laser Cutting Die-board

XIE Xiao-zhu, HU Wei

(Faculty of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: CO₂ lasers is conducted to cutting die-board with the aim of discussing the relationship between cutting depth and parameters such as laser power, cutting speed and focal position. Results show that cutting depth increases with the increasing of laser power, the decreasing of cutting speed and the focal position downward. The maximum speed is more than the optimum speed at constant thickness. Both two walls have wall focusing effects on the incident beams. Multiple reflections are favor for the increasing the cutting depth. Meantime, the method for judging the existence of multiple reflections is provided.

Key words: laser cutting; die-board; laser parameters; cutting depth

1 引言

激光切割将高新技术与微机技术相结合, 以其精度高、垂直度好、重复性好及周期短的优势很快得到包装行业的认可, 可用于切割模切板。学者 Lum^[2,3]采用 CO₂ 激光切割中等密度纤维板, 发现切割速度、辅助气体和喷嘴、透镜焦距和焦点位置对切割的影响很大。曹平祥^[4]研究了木材的激光切割及其影响因素。温劲菁^[5]理论和实验研究了圆形模切板激光切割的主要工艺参数对缝宽和缝形的影响。但总的来说, 对激光切割模切板的系统研究较少, 因此, 我们采用 CO₂ 激光切割模切板, 研究激光功率、切割速度、焦点位置和切割深度之间的相互关系, 研究如何确定最大切割速度和优化切割速度, 并研究切缝形状和多次反射的关系和给出判断多次反射的方法。

2 试验装置与方法

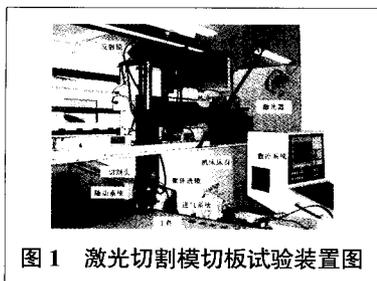


图1 激光切割模切板试验装置图

图1所示为试验装置, 输出光束经 45° 平面反射镜后, 再聚焦入射到工件表面, 工件装夹在机床上, 切割头附带有随动系统和进气系统。PHC-1500 型激光器输出功率 100~1000W, 切割速度 0.2~2.0m/min, 焦点位于表面、表面下 1mm 和 2mm, 辅助气体 Air, 压力 0.15~0.25MPa, 喷嘴直径 1.5mm。聚焦透镜 ZnSe, 焦距 150mm。

模切板厚度 18mm。输出功率采用 JGX-1 型激光功率显示器在线监测, 切割头处输出功率采用手持功率计测量, 切割断面 CCD 相机观察。

3 试验结果及分析

3.1 切割速度的影响

图2是在 400W 和焦点下 1mm 处以不同速度切割模切板得到的切缝照片。从图2中可以看出, 切割深度随着切割速度的增加而减小。图3显示当穿透切割后, 下切缝宽度随着切割速度的增加而减小, 上切缝宽度基本不变, 两者的交点即上下切缝基本一致, 也是我们希望得到的切缝。此时的速度为 0.6m/min, 我们定义这个速度为最佳切割速度; 而实现穿透切割(through cut)的速度有 0.6、0.8、1.0、1.2、1.4m/min, 其中最大的切割速度为 1.4m/min, 我们定义这个速度为最大切割速度。图4显示的是给定模切板厚度下不同激光功率的最大、最佳切割速度, 从图4中可以看出最大、最佳切割速度均随着激光功率的增加而增加, 且最大切割速度和功率之间近似呈线性关系, 最大切割速度大于最佳切割速度。



图2 切割深度和切割速度的关系

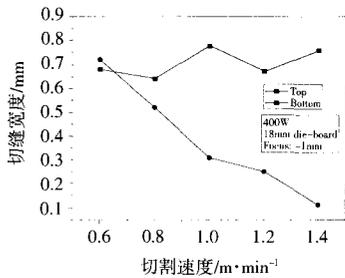


图3 切缝宽度和切割速度的曲线图

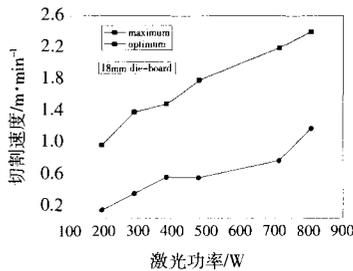


图4 最大切割速度和最佳切割速度与激光功率的关系

3.2 激光功率的影响

图5可以看出,同一切割速度下,随着激光功率的增加,切割深度也随之增加。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,所以切割深度就要大些。

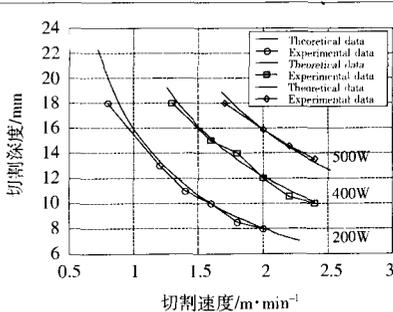


图5 不同功率下切割深度和切割速度间的关系

3.3 焦点位置的影响

图6是不同焦点位置的切割深度照片,从照片可以看出焦点位于表面时,切割深度最小,随着焦点下移,切割深度增加,焦点越下,切割深度就越大。且束腰处的位置也随着焦点位置的下移而下移,有效焦深范围增大,所以切割深度也要深些,图7的曲线图也反映出这种趋势。

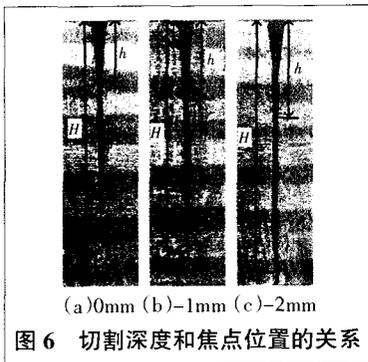


图6 切割深度和焦点位置的关系

3.4 切缝形状分析

从图6还可以看出切缝形状呈先收缩、再扩张、再收缩,且每次扩张的幅度逐渐减小,类似振幅逐渐减小的波浪,就好像是第二次入射到左壁面的光线是经右壁面一

次反射而来的,依此类推,第三次入射到左壁面的光线是首先入射到左壁面,一次反射后入射到右壁面,然后二次反射后而来的。正是由于两壁面对入射光

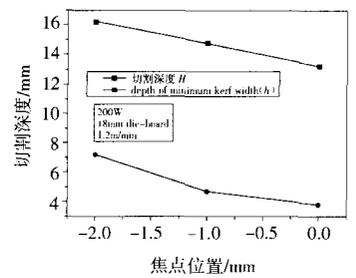


图7 切割深度和焦点位置的曲线图

线的这种交替反射,使得光束朝着底部传输,就好像两壁面对光束有会聚作用一样,即“壁面聚焦效应”(wall focusing effect)。这表明壁面不但对激光存在反射,而且还存在多次反射,因此可以说激光切割模切板时,由于材料较厚,壁面对激光的多次反射也起着很大的作用,多次反射有利于切割深度的增加。判断是否存在多次反射,可以通过比较材料厚度和焦深的大小,激光焦深的计算公式为

$$DOF = \frac{2\lambda}{\pi} \left[\frac{F}{\omega} \right]^2$$

式中 CO₂ 激光波长 $\lambda=10.6\mu\text{m}$, F 为透镜焦距, ω 为未聚焦的光束半径。代入激光切割模切板时的 $\omega=7.5\text{mm}$, $F=127\text{mm}$, 则 $DOF=1.94\text{mm}$, 材料厚度 18mm, 大于焦深, 要考虑反射的作用。反之, 则认为不存在多次反射。

4 结论

采用 CO₂ 激光切割模切板, 发现切割深度随切割速度的增加而减小, 随激光功率的增加而增加, 随焦点位置的下移而增加; 束腰处的位置也随焦点位置的下移而下移; 给定材料厚度下的最大切割速度大于最佳切割速度, 且两者都随着激光功率的增加而增加, 最大切割速度和激光功率之间近似呈线性关系;

切缝形状呈先收缩、再扩张、再收缩, 且每次扩张的幅度逐渐减小, 类似振幅逐渐减小的波浪, 就好像是第二次入射到左壁面的光线是经右壁面一次反射而来的, 这种现象表明两壁面对光束有会聚作用一样, 即“壁面聚焦效应”。这表明壁面不但对激光存在反射, 而且还存在多次反射, 多次反射有利于切割深度的增加。若材料厚度不在焦深范围之内, 要考虑反射的作用。反之, 则认为不存在多次反射。

[参考文献]

- [1] 张桂华, 郭元龙, 高岩. 激光切割纸盒模板中设定桥位的研究[J]. 激光与光电子学进展, 1996(7): 262-264.
- [2] Lum K C P, Ng S L, Black I. CO₂ laser cutting of MDF 1. Determination of process parameter settings[J]. Optics & Laser Technology, 2000, 32(1): 67-76.
- [3] Lum K C P, Black I. Laser Processing of Fireboard Materials [J]. Lasers in Engineering, 2000(10): 45-62.
- [4] 曹平祥. 木材激光切割及影响因素[J]. 木工机床, 1995(3): 1-7.
- [5] 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. (编辑明涛)

作者简介: 谢小柱(1975-), 男, 讲师, 博士, 主要从事激光加工、精密加工技术等方面的研究。

收稿日期: 2008-03-05