

文章编号: 1001-3806(2009)01-0071-03

CO₂ 激光切割模切板的表面质量

谢小柱, 魏 昕, 胡 伟

(广东工业大学 机电工程学院, 广州 510006)

摘要: 为了评价 CO₂ 激光切割模切板表面质量, 采用宏观、微观表面观察和碳元素含量测定这 3 种方法来研究 CO₂ 激光切割模切板表面附着炭层和激光功率、切割速度之间的关系。试验结果表明, 模切板切割表面附着炭层的区域随着切割速度的降低而扩大; 同一功率下, 切割速度越大, 切割表面条纹越明显, 且随着切割速度的降低而逐步减轻直至消失; 切割速度较低时, 随着激光功率的增加, 附着在表面的炭将减少; 较高速度时, 随着激光功率的增加, 切割表面附着的炭层浓度相差不大, 但是条纹不是很显著; 顺着纹理方向的炭层沿着纹理方向平铺分布, 垂直纹理方向的炭层呈蜂窝状分布, 两者均存在有气孔, 随着速度降低, 网格间的气孔直径减小。该结果对分析激光切割模切板表面质量是有帮助的。

关键词: 激光技术; 表面质量; 炭层浓度; 模切板; CO₂ 激光切割; 条纹

中图分类号: TG665

文献标识码: A

Surface evaluation of CO₂ laser cutting die-board

XIE Xiao-zhu, WEI Xin, HU Wei

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

Abstract: In order to evaluate the surface quality of a laser cutting die-board, the relationship between carbon layer attacked to die-board surface and laser cutting parameters were analyzed through three methods, i. e. macroscopic observation, microcosmic observation and carbon content measurement. Results indicate that carbon area will extend with the decreasing of cutting speed. The surface striation becomes prominent with the increasing of cutting speed at the same laser power, while diminishes or vanishes with reducing the speed. In the case of lower speed, carbon attacked to surface will decrease with increasing of laser power. In the case of higher speed, carbon attacked to surface is almost the same with increasing of laser power and surface striation is not so prominent. Carbon layer is distributed along the wood grain, while honeycomb distributed perpendicular to the wood grain. Both cases exist holes and the hole diameter reduces with the decreasing of speed.

Key words: laser technique; surface quality; carbon content; die-board; CO₂ laser cutting; striation

引 言

激光加工作为一种新型加工方式可用于木材制品加工。早期 PIRES^[1] 用 CO₂ 激光器切割带镶嵌物的胶合板, 研究了切割速度、激光功率和工件厚度三者之间的关系。LI^[2] 研究了薄板和厚板激光切割的机理, 给出了材料的去除模型。近年, WEN^[3] 研究了圆形模切板激光切割的主要工艺参量对缝宽和缝形的影响。XIE 等人^[4] 研究了线偏振 CO₂ 激光对非金属材料切割的影响。HATA^[5-6], LUM 和 NG^[7-8] 用 CO₂ 激光器切

割中密度纤维板, 研究了如何有效地确定切割参量及参量之间的相互关系。BARCIKOWSKI^[9] 通过测量木屑板和胶合板切缝处的等温线确定热影响区, 热影响区的宽度和材料性质和加工参量有关。NADERI^[10] 和 KASAAI^[11] 使用超短脉冲激光切割木材, 发现板材切割表面无炭化和熔化, 木质细胞基本未损伤。模切板属于多层复合板, 由 3 层以上木材纹理相互垂直的锯切木板胶合后, 经加热压制而成。木材加热分解释放可燃性混合气体, 与氧气混合发生氧化反应, 释放出大量的热, 热解产物炭附着在切割表面。因此, 切割表面附着炭层的多少是评价表面质量的重要指标。目前, CO₂ 激光切割模切板是主要的加工方式, 且切割表面不可避免附着有炭层, 虽然经过砂纸打磨抛光后就可以满足一般要求, 但是随着对木材加工表面的要求越来越高, 在可能的情况下, 应该尽量减少炭层的附着程度, 但是, 目前对激光切割参量和切割表面质量之间关系的定量和定性研究^[12] 还很少, 因此, 作者采用 CO₂

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50675038; 50805027); 广东省科技计划资助项目 (2004B10201018); 广州市科技计划资助项目 (2005J1-C0081)

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

E-mail: xiaozhuxie@yahoo.com.cn

收稿日期: 2007-10-10; 收到修改稿日期: 2007-11-20

激光切割模切板,通过宏观表面、微观表面观察和碳元素含量的测定这 3 种方法来研究模切板表面附着炭层和激光功率、切割速度之间的关系。

1 试验装置和方法

试验装置如图 1 所示。输出光束经 45°平面反射

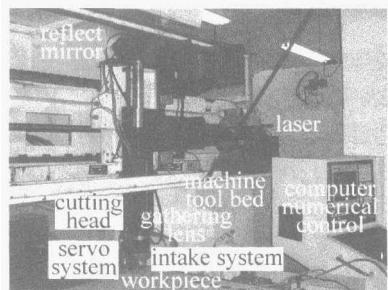


Fig.1 Photo of laser cutting die-board instrument

镜反射后,再经聚焦透镜入射到工件表面,工件装夹在机床上,切割头附带有随动系统和进气系统。描述切割表面质量的方法有:(1)宏观观察,主要是目测;(2)光学显微镜观察,这里借助金相显微镜和 CCD 相机观察表面的微观形貌;(3)通过能谱仪测定表面不同位置的炭层浓度。PHC-1500 型激光器输出功率 100W ~ 1000W,切割速度 0.2m/min ~ 2.0m/min,焦点位于表面,辅助气体,压力 0.15MPa ~ 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 型激光功率显示仪(北京机电研究院制造)在线监测,切割头处输出功率采用手持功率计(PC-1000,加拿大制造)测量,切割断面采用倒置金相显微镜(Leica DM ILM,德国制造)和 CCD 数码相机(Nikon E3700,日本制造)观察,碳元素浓度采用 INCA ENERGY 300 X 射线能谱联用仪(英国制造)测定。

2 试验结果和分析

2.1 切割速度的影响

图 2 是不同切割速度下切割表面的光学照片,可

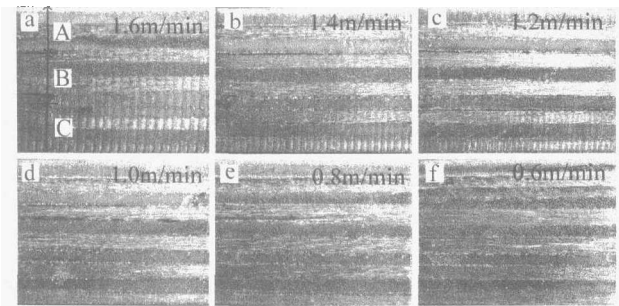


Fig.2 Optical photos of cut surface at varying cutting speed when laser power is of 400W and focal position at the surface

以从厚度方向将照片分成 3 个区域:A,B,C。从图 2a 可以看出,切割速度较大时(1.6m/min),切割表面 A,

B,C 3 个区域附着的炭层均很少,但随着切割速度的降低,表面附着的炭层逐渐增多,由底部 C 向中部 B 扩展,见图 2d 和图 2e;当切割速度降低到 0.6m/min 时,表面附着的炭层附着到了绝大部分表面,见图 2f。

从图 2a 还可以看出,表面有明显的条纹,一直 B 区域延伸到 C 区域,条纹的弯曲方向是逆着切割方向的。条纹的黑色部分是附着的少量炭层,亮色部分,是被吹走炭层后剩下的表面,产生的原因是因为速度较大时(1.6m/min),在辅助气流的作用下,一部分炭层被吹走,而另一部分来不及吹走,故形成了这种明暗相间的条纹。随着切割速度的降低,作用时间延长,切割时产生的炭可以被吹走,条纹的延伸长度缩小,局限于底部区域 C,见图 2b 和图 2c;随着切割速度继续降低到 1.0m/min,条纹基本消失,如图 2d 所示,此时切割表面质量最好;但如果速度还接着降低,由于作用时间过长,大量产生炭,所以不可避免的有许多炭要附着在表面,速度越低,附着的炭层将遍及大部分表面。

前面曾提及模切板中单板的纹理方向相互垂直,所以炭层在这两个相邻面的附着方式有所区别,将这一部分放大后如图 3 所示。可以看出,顺着纹理方向的炭层沿着纹理方向平铺,由于切割时会产生大量的

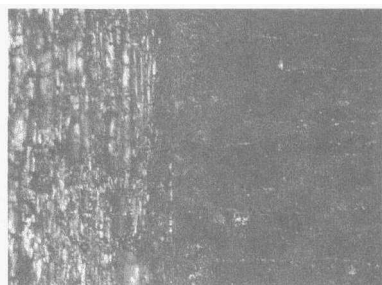


Fig.3 Optical photo of cut surface at neighboring layer(50×)

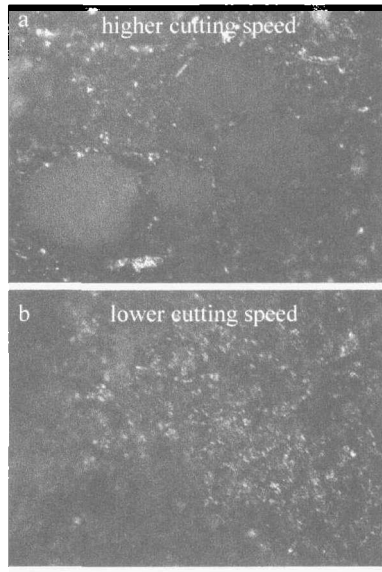


Fig.4 Carbon layer distribution perpendicular to wood grain(100×)

气体,所以炭层间存在气孔;而在垂直纹理方向的炭层呈蜂窝状分布,网格间是大量均布的气孔。随着速度降低,表面附着炭层浓度的增加,网格间的气孔直径减小,如图4所示。

通过测定切割表面不同位置的炭的浓度,如图5所示。从图中可以看出中、下部分区域的炭浓度要大于上部区域的浓度。这与光学照片观察的结果是一致的,将这两者之间的关系用曲线图表示,见图6。

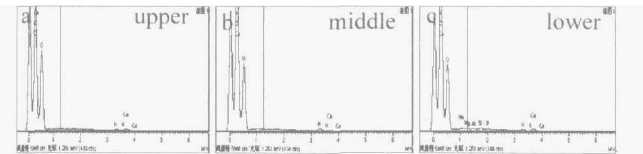


Fig. 5 Carbon content versus cutting speed at different position of cut surface

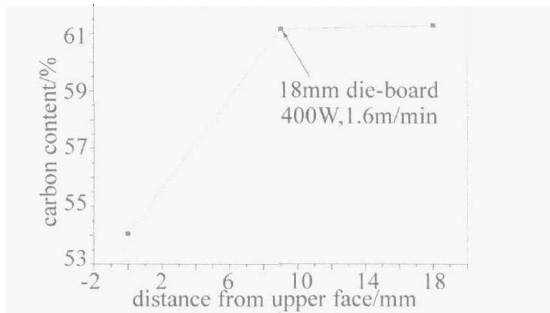


Fig. 6 Graph between carbon content and cutting speed at different position of cut surface

2.2 激光功率的影响

比较图2f和图7a可以发现,切割速度较低时

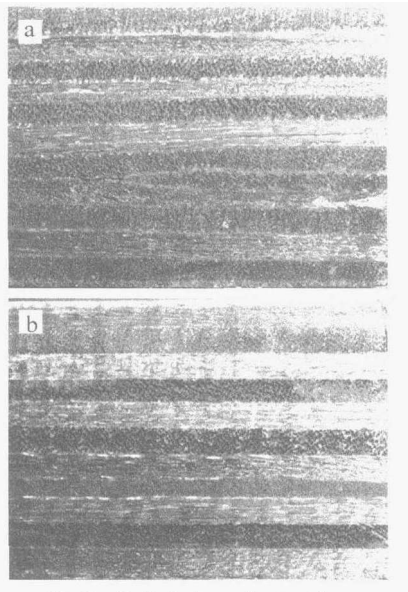


Fig. 7 Optical photo of cut surface
a—laser power of 500W, cutting speed of 0.6m/min b—laser power of 850W, cutting speed of 1.6m/min

(0.6m/min),随着激光功率的增加,功率密度也增加,去除材料的能力增加,可以有更多的炭被汽化去除,所以附着在表面的炭将减少;比较图2a和图7b发现,在较高速度时,切割表面附着的炭层浓度相差不大,但是条纹不是很显著,这与功率越大,功率密度越大有关。

3 结 论

模切板切割表面附着炭层的区域随着切割速度的降低,逐渐由底部(区域C)向中部(区域B)扩展,进而扩展到大部分表面;同一功率下,切割速度越大,切割表面条纹越明显,且随着切割速度的降低而逐步减轻直至消失;切割速度较低时,随着激光功率的增加,更多的炭被汽化去除,所以附着在表面的炭将减少;较高速度时,随着激光功率的增加,切割表面附着的炭层浓度相差不大,但是条纹不是很显著;模切板纹理方向相互垂直的相邻两层附着炭层方式不同,顺着纹理方向的炭层沿着纹理方向平铺,且炭层间存在气孔,而垂直纹理方向的炭层呈蜂窝状分布,网格间存在大量均布的气孔。随着速度降低,表面附着炭层浓度的增加,网格间的气孔直径减小,测定切割表面不同位置的炭的浓度,中、下部分区域的炭浓度要大于上部区域的浓度,这与光学照片观察的结果是一致的。

参 考 文 献

[1] PIREZ M C, ARAUJO J L, TEIXEIRA M R, *et al.* Plywood inlays through CO₂ laser cutting [J]. SPIE, 1989, 1042: 97-102.

[2] LI J L, MAZUMDER J. A study of the mechanism of laser cutting of wood [J]. Forest Products Journal, 1991, 41(10): 53-59.

[3] WEN J W, ZHANG Sh, ZHANG G H, *et al.* Control of the seam width and shape in laser cutting rotary die-board [J]. Journal of Optoelectronics, 2003, 14(1): 79-82 (in Chinese).

[4] XIE X Zh, WEI X, HU W. Effects on the cut kerf of nonmetallic materials by linear polarized CO₂ lasers [J]. Laser Technology, 2008, 32(4): 399-401 (in Chinese).

[5] HATA K, OKABE T, OTSUKA M. Characteristics of laser machining of MDF [J]. Journal of the Society of Materials Science, 1999, 48(9): 1059-1064.

[6] HATA K, SHIBATA K, OKABE T, *et al.* Influence of laser beam irradiation conditions on the machinability of medium density fiberboard impregnated with phenolic resin [J]. Journal of Porous Materials, 2000, 7(4): 483-490.

[7] LUM K C P, NG S L, BLACK I. CO₂ laser cutting of MDF 1. Determination of process parameter settings [J]. Opt & Laser Technol, 2000, 32(1): 67-76.

[8] NG S L, LUM K C P, BLACK I. CO₂ laser cutting of MDF 2. Estimation of power distribution [J]. Opt & Laser Technol, 2000, 32(1): 77-87.

[9] BARCIKOWSKI S, KOCH G, ODERMATT J. Characterisation and modification of the heat affected zone during laser material processing of wood and wood composites [J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2006, 64(2): 94-103.

[10] NADERI N, LEGACEY S, CHIN S L. Preliminary investigations of ultrafast intense laser wood processing [J]. Forest Products Journal, 1999, 49(6): 72-76.

[11] KASAAI M R, THEBERGE F, PETIT S. Ultrafast intense laser "explosion" of hardwood [J]. Applied Surface Science, 2002, 191(1/4): 328-333.

[12] YAN C, LI L J, LI J, *et al.* Review of surface quality study on laser sheets cutting [J]. Laser Technology, 2005, 29(3): 270-274 (in Chinese).