

·激光应用·

手机按键面板光纤激光切割工艺研究<sup>\*\*</sup>蒙红云<sup>\*\*</sup>, 官邦贵, 廖健宏, 周永恒, 张庆茂

(华南师范大学光子信息技术广东省高等学校重点实验室, 广东 广州 510631)

**摘要:**采用光纤激光精密切割系统,进行了手机金属按键面板的切割实验,研究了输出功率、切割速度、重复频率、脉冲宽度、辅助气体及气压等参数对手机金属按键面板切割质量的影响。通过试验和分析,获得了最佳工艺参数。采用激光器的输出功率为25 W、重复频率为1800 Hz和脉冲宽度为0.3 ms,辅助气体O<sub>2</sub>压为0.25 MPa,扫描速度为8 mm/s,切割出高质量的手机按键面板。

**关键词:**按键面板;激光加工;激光切割;加工工艺

**中图分类号:** TN249 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-0086(2007)07-0835-03

## Study of Fiber Laser Cutting Techniques on Key Board for Mobile

MENG Hong-yun<sup>\*\*</sup>, GUAN Bang-gui, LIAO Jian-hong, ZHOU Yong-heng, ZHANG Qing-mao

(Laboratory of Photon Information Technology, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

**Abstract:** The processing techniques including output power, frequency, cutting speed, pulse width and assistant air pressure, which influence the laser cutting quality of key board for mobile, have been studied with the fiber laser precision cutting system. The best processing techniques have been gained with the analysis and experiments. The high quality keystrokes for mobile have been cut with the output power of 25 W, the repeat frequency of 1800 Hz, the pulse length of 0.3 ms, the oxygen gas pressure of 0.25 MPa and the scanning speed of 8 mm/s.

**Key words:** keystroke; laser processing; laser cutting; processing techniques

## 1 引言

按键面板是手机不可或缺的一部分,并作为手机的“门面”,对手机的使用和外观有非常大的影响。以往的手机大多采用塑料面板,最近出现了金属按键面板。手机金属按键面板一般采用刻蚀的方法获得,但是需要制作模板,而且不够精细,线条呈锯齿状。激光切割以切割范围广、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,其成为激光加工中最为成熟的技术之一<sup>[1~7]</sup>。利用激光切割手机按键面板,具有高效率、高精度的特点,且不需要模板,容易生产各种款式。光纤激光具有光束质量好、转换效率高、运行成本低及体积小等优点,近年在激光打标、焊接、切割和微加工等方面得到广泛的应用<sup>[8~10]</sup>。本文采用光纤激光精密切割系统,对手机金属按键面板的切割工艺进行了深入的试验和研究,获得了最佳切割工艺参数。切割的手机按键面板曲线平滑、无毛刺、不挂渣而且切割速度快,完全符合应用要求。

## 2 实验方法与设备

采用自行开发的光纤激光精密加工系统,其中切割光源采用IPG公司50 W光纤激光器,波长为1.06 μm,脉冲宽度在0.1~0.5 ms内连续可调,重复频率在0~3000 Hz内连续可调。切割系统如图1所示,由光纤激光产生一定功率和能量的脉冲激光,通过传输、聚焦等光学系统垂直入射到加工工件表面,由工控机控制工作台的移动实现工件的切割。

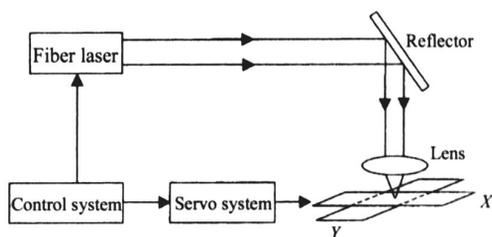


图1 激光切割系统示意图

Fig. 1 The setup of the laser cutting system

\* 收稿日期:2006-10-04 修订日期:2006-12-15

\* 基金项目:广东省科技计划资助项目(2004B10201002);广州市科技计划资助项目(2005Z3-D0241)

\* \* E-mail: thymeng@sncu.edu.cn

实验材料为不锈钢金属薄片(1Cr18Ni9Ti),厚度为0.4 mm。加工前,对不锈钢薄片进行了黑化预处理。选用不同的输出功率、重复频率、脉冲宽度、辅助气体及气压等参数进行切割<sup>[11]</sup>,研究工艺参数对切割质量影响的规律。用光学显微镜观察切缝形貌并测量其宽度。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 切缝宽度随离焦量的变化

图2表示了离焦量对切缝宽度的影响。激光器的输出功率为25 W、重复频率为1500 Hz及脉冲脉宽为0.3 ms;扫描速度为8 mm/s;辅助气体O<sub>2</sub>压为0.3 MPa。可以看出,离焦点越近,切缝宽度越小,零焦距时切缝最小;随着离焦量的增加,照射在工件表面的光斑直径增大,切缝缝宽也增大。当离焦量大于一定值时,出现不能完全切割的现象。这是因为光斑变大,能量密度降低,被照射金属不能完全熔融。

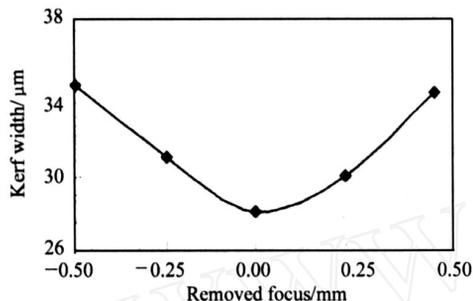


图2 切缝宽度随离焦量的变化

Fig.2 Effect of removed focus on laser cutting kerf width

#### 3.2 输出功率和扫描速度对切割质量的影响

图3表示了激光器不同输出功率下的切缝宽度随扫描速度的变化规律,其它参数同图2。可以看出,随着激光输出功率的提高,切缝宽度明显加大。这是由于能量密度随输出功率提高而增大,在相同的扫描速度下,单位时间内熔融的物质更多,因此切缝宽度增大。切缝宽度随扫描速度的增大而减小,由于随着切割速度的提高,激光束与加工试样交互作用时间变短,实际输入的激光能量减少,热传导和扩散效应变小,因而切缝宽度减小<sup>[12]</sup>。实验发现,对于某一输出功率,扫描速度超过一定值时,会出现不能完全切割的现象,也就是存在极限切割速度。输出功率越大,极限切割速度越大。

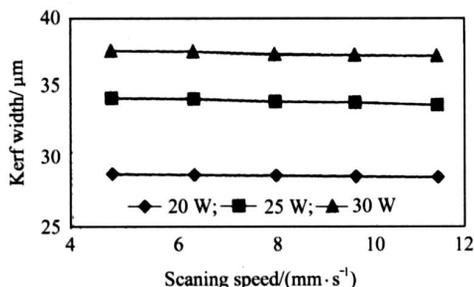


图3 切缝宽度随输出功率及扫描速度的变化

Fig.3 Effect of output power and scanning speed on the kerf width

实验还发现,切缝粗糙度随着切割速度的提高而增大,随着激光输出功率的增加而减少。这主要是功率较低或者切割速度太大,即能量密度太小时,工件熔融的程度不够,熔融物不能完全吹除所致。

#### 3.3 重复频率和脉冲宽度对切割质量的影响

图4表示了不同脉冲宽度下的切缝宽度随重复频率的变化规律,其它参数同图2。

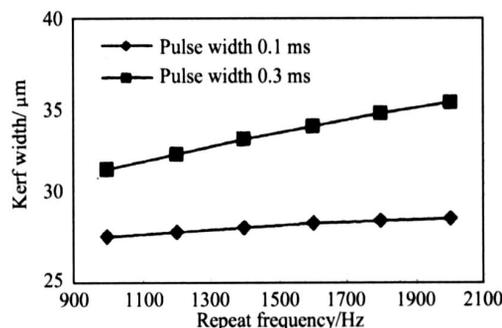


图4 切缝宽度随脉冲宽度及重复频率的变化

Fig.4 Effect of repeat frequency and pulse width on the kerf width

可以看出,切缝宽度随脉冲宽度和重复频率的增大而增大。这是因为随着激光脉冲宽度的增加,激光束与金属工件的热作用时间延长,导致切缝宽度增大。同样,提高重复频率时,单位时间作用在被照射工件上的脉冲数增多,热积累效应显著,因而可以熔化更多的材料,使切缝宽度增大。此外,实验发现,切缝粗糙度随重复频率和脉宽的增加而减小。这是因为在一定的切割速度下,随着重复频率的提高,相邻脉冲间的重叠度逐渐减小;同时当脉冲宽度增加时,由于热积累效应,激光切缝宽度增大,缝面粗糙度减小。

#### 3.4 辅助气体及气压对切割质量的影响

利用O<sub>2</sub>作为辅助气体时,切缝氧化比较严重,而且也会导致切缝宽度和粗糙度增大。利用N<sub>2</sub>作为辅助气体,由于N<sub>2</sub>的保护作用,切缝基本上没有氧化现象,切缝窄且粗糙度小。但是因为没有Fe燃烧热,同等条件下需要更大的输出功率,才能实现完全切割。因此,对切割质量要求非常高,切割系统又能够提供足够高的能量密度时,一般可以采用N<sub>2</sub>作为辅助气体;而当满足切割质量要求时,可以利用O<sub>2</sub>作为辅助气体,这样对切割系统功率的要求较小。空气作为辅助气体时,其切割效果介于上述两种辅助气体间。

通过大量实验,切割出如图5所示的高质量手机金属按键

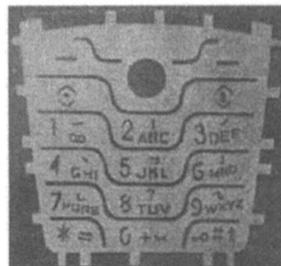


图5 手机金属面板按键等的切割

Fig.5 The cutting of keystroke for mobile

面板,其工艺参数为:激光器的输出功率为25 W、重复频率为1800 Hz和脉冲宽度为0.3 ms;辅助气体O<sub>2</sub>压为0.25 MPa;扫描速度为8 mm/s。切割的手机面板具有曲线平滑、切面没有毛刺和不挂渣等优点,而且切割速度快,完全符合应用要求。

## 4 结论

激光的输出功率、重复频率、脉冲宽度以及扫描速度、辅助气体及气压等参数都将直接影响手机金属按键面板的切割质量。通过上述因素对切割质量影响的研究,结果表明,在激光器输出功率为25 W、重复频率为1800 Hz和脉冲宽度为0.3 ms以及辅助气体O<sub>2</sub>压为0.25 MPa、扫描速度为8 mm/s时,切割的手机金属按键面板具有最好的质量。

## 参考文献:

- [1] Rajaram N, Sheikh Ahmad J, Cheraghi S H. CO<sub>2</sub> laser cut quality of 4130 steel[J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2003, (43): 351-358.
- [2] Tirumala R B, Rakesh Kaul, Pragya Tiwari, et al. Inert gas cutting of titanium sheet with pulsed mode CO<sub>2</sub> laser[J]. Optics and Lasers in Engineering, 2005, (43): 1330-1348.
- [3] WANG Zhi-juan, TANG Jian-hua, YU Qian-yan. The dependence of resistance on relative cutting length of chip resistor within valid ordinate-cutting length[J]. Journal of Optoelectronics · Laser(光电子·激光), 2005, 16(12): 1476-1479. (in Chinese)
- [4] XIE Xiao-zhu, LI Li-jun, FANG Shi-yin, et al. Cutting of nonmetallic plates by medium and low power level CO<sub>2</sub> lasers[J]. Journal of Optoelectronics · Laser(光电子·激光), 2005, 16(2): 236-239. (in Chinese)
- [5] ZHANG Yin-jiang, FANG Ming-gang. The study on the solid laser precise cutting technology[J]. Laser & Infrared(激光与红外), 2004, 34(3): 192-193. (in Chinese)
- [6] ZHU Long-ju, HONG Lei. Experiment study of laser cutting silicon steel sheet[J]. Technology for Electric Locomotives(电力机车技术), 2002, 25(4): 11-13. (in Chinese)
- [7] HUANG Kai-jin, XIE Chang-sheng, SHAO Ke-ran. Investigation on the hanging dross and the flight slag of 1Cr8Ni9Ti stainless steel pipe laser cutting[J]. Applied Laser(应用激光), 2001, 21(3): 159-163. (in Chinese)
- [8] ZENG Hui-fang, XIAO Fang-hui. The development of Yb doped double-clad fiber laser and its application[J]. Laser Technology(激光技术), 2006, 30(4): 438-441. (in Chinese)
- [9] WANG Yu-ying. High power single mode fiber laser and its applications in micro-welding and micro-machine processing[J]. Laser Technology & Applications(激光技术与应用), 2006, 4: 28-32. (in Chinese)
- [10] Guan Bang-gui, Liao Jian-hong, Meng Hong-yun, et al. Study of cutting precision gear wheel with fiber laser[J]. Applied Laser(应用激光), 2005, 25(6): 365-368. (in Chinese)
- [11] ZHANG Yong-kang. Laser Processing Technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 12-46. (in Chinese)
- [12] LI Xiang-you, ZENG Xiao-yan, LU Yong, et al. Study of YAG laser cutting process with stainless steel sheet[J]. Chinese Journal of Lasers(中国激光), 2001, 28(12): 1125-1129. (in Chinese)

## 作者简介:

蒙红云 (1973 - ) 男, 副研究员, 主要从事激光及其应用研究、工业激光设备的开发, 已在重要期刊发表论文 30 余篇。