

文章编号: 1005-5630(2015)02-0142-04

ABS 材料红外激光打标工艺参数分析

蒋世磊, 杨国锋, 张 锦, 孙国斌

(西安工业大学 光电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘要: 分析激光打标工艺参数对不同颜色基底 ABS 材料激光打标效果和质的影响。采用 Nd:YAG1064 nm 端泵激光打标设备, 使用不同功率、频率、焦距等参数, 分别对白、粉、红、蓝和黑 5 种基底颜色的丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS) 塑料进行红外激光打标, 并对打标后材料的微观结构进行了表征。结果表明, 不同颜色的 ABS 材料的打标性能各不相同, ABS 材料的基底颜色对激光打标效果影响较大。实验获得了不同基底颜色 ABS 材料激光打标的工艺参数, 为进一步研究提供借鉴。

关键词: 激光打标; ABS; 评价方法; 工艺参数

中图分类号: TN 24 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1005-5630.2015.02.011

Analysis of infrared laser marking technical parameters of acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer

JIANG Shilei, YANG Guofeng, ZHANG Jin, SUN Guobin

(School of Photoelectrical Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China)

Abstract: In this paper, we analyze the influence of different color ABS materials over the laser marking performance. The acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) materials with white, pink, red, blue and black are radiated by the Nd:YAG1064 nm pump laser with different power, frequency, focal length and other parameters. Then we characterized the microstructure of materials. The results show that different colors of ABS materials have different emission characteristics. The substrate color of ABS material has a greater influence on laser emission. Finally we got the optimized parameters, providing a reference for further study.

Keywords: laser marking; ABS; evaluating method; technical parameters

引 言

激光打标是利用激光束的高能量密度使工件表层材料发生化学或物理变化, 从而在工件表面留下永久性标记的技术^[1]。与传统的电化学、机械等标记方法相比, 激光打标具有无污染、高速度、高质量、灵活性大、不接触工件等优点, 在工业、国防、科研等许多领域具有广泛的用途^[2]。近年来, 随着各类激光器的不断发展, 以及计算机控制技术的发展和光学器件可靠性的提高, 目前激光打标正逐渐取代传统的标刻方式, 其应用越来越广, 并成为行业的主流技术, 甚至形成新的工业标准^[3-4]。

ABS 材料即丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (acrylonitrile-butadiene-styrene, ABS), 是由丙烯腈、丁二

收稿日期: 2014-09-18

作者简介: 蒋世磊(1963—), 男, 教授, 主要从事光学测量、精密光学仪器设计方面的研究。E-mail: jiangshilei8@163.com

烯和苯乙烯组成的三元共聚物。苯乙烯和丁二烯的结合,使得 ABS 树脂具有耐热、表面硬度高、尺寸稳定、易于机械加工以及良好的化学性和电性能等优异的综合性能,在电子电器、仪器仪表、汽车、建材工业和日用制品等领域获得广泛的应用^[5]。为了使用的需要往往要求透过其表面在基底进行标识,在提高其易辨识性和可追溯性的同时,提高耐用性。激光打标技术在 ABS 塑料制品标识方面已经得到了越来越广泛的应用^[6]。

1 激光打标工艺过程

1.1 激光打标系统

激光打标系统是激光器、振镜扫描系统、红光指示器、控制箱、工控机和电源的高度集成系统,其系统组成如图 1 所示。

打标系统对材料的作用机理是:作用在材料上的激光束因热效应使局部材料快速气化或引起材料性质的改变,从而在材料上留下永久的标记。其效果主要取决于激光束作用在工件材料上的功率密度及作用时间。

Nd:YAG 激光打标机的加工工艺过程如下:连续激光被 Q 调制后产生的激光脉冲,由安装有 X、Y 轴的扫描振镜控制并沿着图形和文字的点阵路径或矢量路径进行标刻,其光斑距离为两相邻激光脉冲间的尺寸,Q 调制后产生激光脉冲示意图如图 2 所示。

由图 1 可以看出,激光束对材料的作用不仅取决于脉冲激光束的峰值功率、平均功率和光斑大小,还取决于激光脉冲在工件材料上的重叠度。其中光斑大小可根据需要选择合适焦距的扫描镜来确定,激光束的峰值功率、平均功率可由 Q 频率和脉宽(占空比)控制,激光脉冲的重叠度则通过扫描速度及 Q 频率综合调节^[7]。

1.2 打标参数

(1)电流:激光电源的电流设置直接关系到激光输出的能量,能量越大可以适当增加打标的速度和声光频率,但不适合精细标刻的要求。

(2)频率:是指单位时间内激光出光数目。相同电流情况下,频率低时有高的峰值功率,激光输出能量大,但平均功率过低;频率高时有高的平均功率,但峰值功率过低,相当于连续激光输出。

(3)速度:指单位时间内激光所走的距离。速度一般和频率有关,当速度太快、频率太低时线条不连续。

(4)离焦:一般焦点在加工平面以下为正偏焦,焦点在加工平面以上为负偏焦。是否采用离焦取决于打标的材料及其想要的效果。一般标刻加工面必须在焦点上,即光斑直径最小、能量最高的点。而对于 ABS 材料要选择正偏焦,这样达标效果会更好。

2 实验结果与讨论

在不同材料、不同颜色及不同表面处理方法的工件上,对激光功率、重复频率、标刻速度、离焦等工艺参数进行组合工艺试验。对试验结果进行研究分析,找出各工艺参数单独作用和共同作用时分别对 ABS 材料标刻质量的影响规律,不断修正工艺参数,以得到满意的加工效果。

实验采用端泵浦激光打标设备,其主要技术参数为:激光波长 1 064 nm、激光功率 10 W、场镜焦距 160 mm。试验所用的各种基底颜色的 ABS 材料,均对 1 064 nm 波长激光吸收较好,能得到较好的标刻质量。

激光打标工艺参数及图形对于 ABS 材料激光打标性能具有显著的影响,因此可以通过调整工艺参数

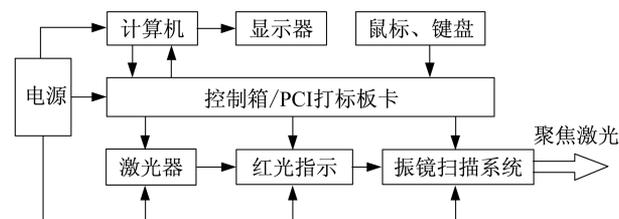


图 1 系统组成

Fig. 1 System Components

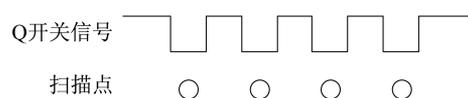


图 2 经 Q 调制后产生激光脉冲示意图

Fig. 2 Laser pulse after Q modulation

来获得令人满意的激光打标效果。分别测试了五种颜色样品,表 1 为实验结果,由表可见,颜色由深到浅参数都呈一定趋势变化。实验过程中激光功率为总功率的 50%,填充线间距为 0.05 mm,结合 ABS 材料性能分析,打标的最佳效果不宜在焦点处,因此选择正偏焦 0.8 mm 处。对这五种样品从视觉效果来看,对样品打标的清晰度和醒目度最好。图 3 为不同基底 ABS 材料打标效果图。

表 1 不同颜色 ABS 材料调试参数
Tab. 1 Testing parameters of different color of ABS materials

| 颜色 | 加工次数/次 | 速度/(mm · s ⁻¹) | 频率/kHz |
|----|--------|----------------------------|--------|
| 黑 | 6 | 500 | 8 |
| 蓝 | 5 | 200 | 3.5 |
| 红 | 4 | 220 | 2.5 |
| 粉 | 1 | 100 | 3 |
| 白 | 2 | 120 | 2.35 |

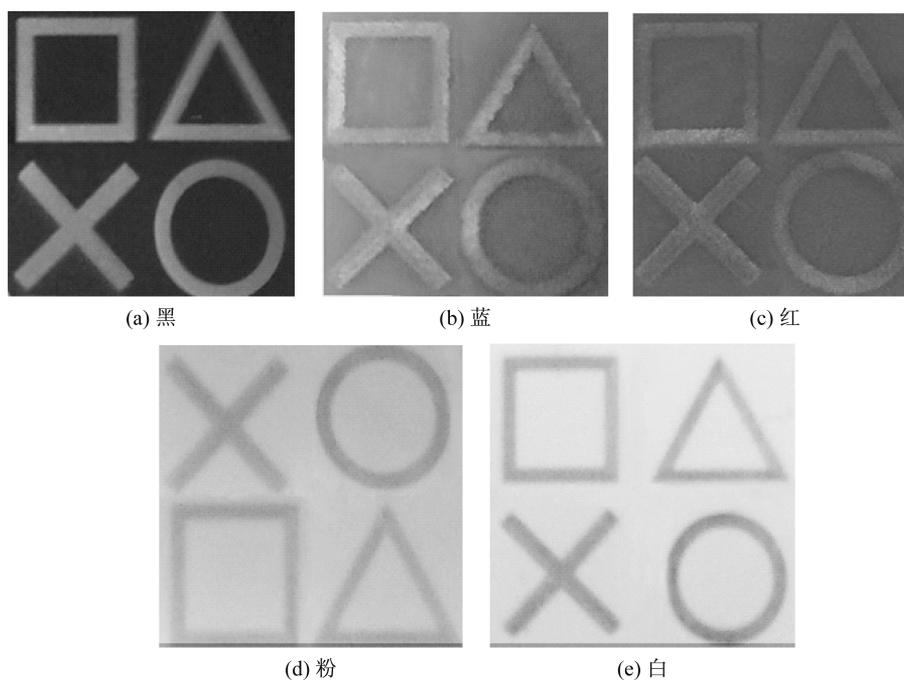


图 3 不同基底 ABS 材料打标效果图

Fig. 3 Photos of laser marking with different substrate colors

以上工艺条件下的激光打标效果对比度高,可视为最佳工艺参数,通过肉眼很难判断,并且每个人的评价标准也相差很大,因此以上数据均取平均值并给出放大后的图片。图 4 为白色 ABS 材料的 3 种激光打标效果图:图 4(a)样品打标效果颜色发黑,主要原因是激光能量过大,打点间隔过近(工艺参数为加工

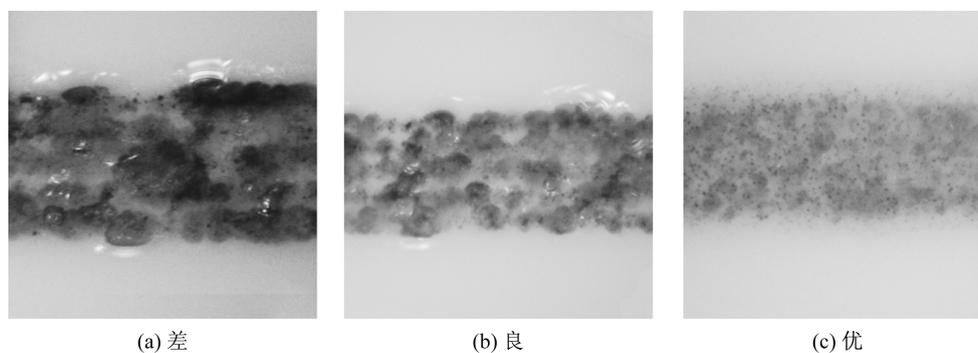


图 4 白色 ABS 激光打标效果评价图

Fig. 4 The comparison of white ABS laser marking effect

次数6次、速度 $300\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、频率 5 kHz);图4(b)样品打标效果颜色不均匀,主要原因是激光能量略大,打点速度过慢(工艺参数为加工次数6次、速度 $400\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、频率 8 kHz);图4(c)样品打标效果颜色均匀(工艺参数为加工次数2次、速度 $120\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、频率 2.35 kHz)。图5为蓝色ABS材料的3种激光打标效果图:图5(a)样品打标效果颜色不均匀,对比度差,主要原因是激光能量过大,打点间隔和线填充间距过近(工艺参数为加工次数7次、速度 $300\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、频率 5 kHz);图5(b)样品打标效果颜色不够饱满,主要原因是打点间隔和线填充间距过近(工艺参数为加工次数6次、速度 $200\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、频率 5 kHz);图5(c)样品打标效果颜色均匀,对比度清晰(工艺参数为加工次数5次、速度 $200\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、频率 3.5 kHz)。5种不同颜色ABS材料最佳工艺参数如表1所示。

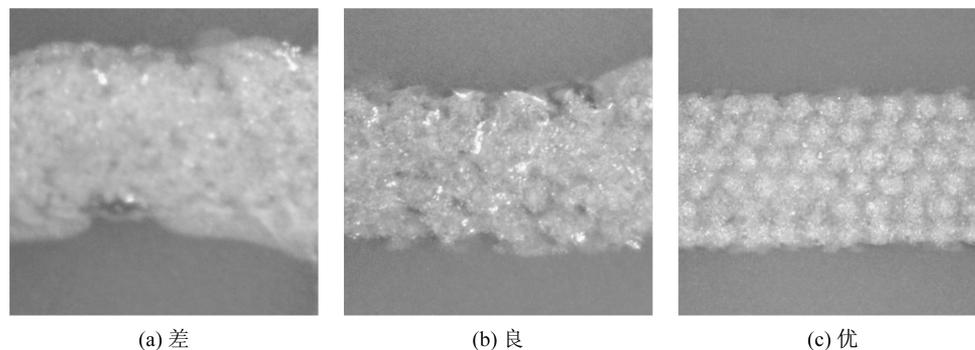


图5 蓝色ABS激光打标效果评价图

Fig. 5 The comparison of blue ABS laser marking effect

根据实验可以得到以下结果:

(1)深色背景显示浅色标记

深色基底ABS材料在激光照射下会有效吸收激光束能量,表面的黑色颜料在高温下会蒸发掉并露出深层白色颜料并在深色ABS材料表面产生对比强烈的浅色标记,一般浅色为黄色或白色,标记越白对比度就越突出,打标效果就越好,对比度主要受频率影响。由于深色对激光吸收效果强,结合ABS材料本身性能等因素,采用小功率激光,多次加工,这样打标效果颜色均匀,对比度更为突出。

(2)浅色背景显示深色标记

与深色ABS材料容易进行激光打标相比,白色ABS材料的激光打标性能则要差很多。这是因为白色ABS材料对 1064 nm 波长的激光吸收性没有黑色强,不能将大部分光能转化成为热能。因此白色ABS需要在打标工艺参数设定、频率和填充的线间距要求很高的情况下才能打出满意的激光标记。

3 结论

通过标刻实验,获得的不同基底颜色ABS材料的最佳工艺参数,对不同工艺条件下的打标样品进行了微观观测,准确地评价ABS材料的激光打标效果,详细分析了激光工艺参数对标刻质量的影响。所得结果已经在企业中投入使用。

参考文献:

- [1] 曹凤国. 激光加工技术[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [2] 王建平,李正佳,范晓红. 激光打标系统及工艺参数的分析[J]. 光学与光电技术,2005,3(3):32-35.
- [3] 周永飞,赵海峰,黄子强. 激光打标系统及工艺研究[J]. 电子设计工程,2011,19(2):126-129.
- [4] 袁根福. 激光加工技术的应用与发展现状[J]. 安徽建筑工业学院学报:自然科学版,2004,12(1):30-34.
- [5] 孟繁博. ABS材料的市场需求和竞争力[J]. 天津商学院学报,2007,27(6):71-74.
- [6] 李姣. PMMA/ABS热塑性塑料激光透射焊接机理和工艺的研究[D]. 上海:上海交通大学,2008.
- [7] 思源. 聚碳酸酯和ABS树脂激光标记的研究[D]. 上海:上海交通大学,2010.

(编辑:张磊)