

基于 P-V 双因素的网络激光标刻性能研究

闫久江, 万 辉, 史富君, 李红军
(武汉纺织大学机械工程与自动化学院, 湖北 武汉 430073)

摘 要:传统激光标刻技术已在实际工业生产中普遍应用,但其系统最优标刻性能控制参数存在寻找及设置较为困难、繁琐等问题。针对该问题,本文设计了一种基于嵌入式网络激光标刻模式的新型激光标刻控制模型,并在该模型下通过相关数据预处理算法分析单一标刻影响因素对激光标刻性能的影响;再通过对实验数据的数理统计分析得出二值图像的标刻性能变化规律,最终得出在该材质及类似组成工件下的激光标刻的最优参数快速选择模型和性能最优值域。研究表明,该模型为最优激光标刻性能控制参数的快速选择提供了可靠的方法,为进一步研究激光标刻性能影响参数提供了重要参考。

关键词:嵌入式以太网;激光标刻;最优参数;标刻性能

中图分类号:TP368.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2016.05.005

Research on the performance of laser marking based on P-V two factors

YAN Jiu-jiang, WAN Hui, SHI Fu-jun, LI Hong-jun

(School of Mechanical Engineering and Automation Wuhan Textile University, Wuhan 430073, China)

Abstract: The traditional laser marking technology has been widely used in the actual industrial production, but the optimal control parameters of the system are difficult to find and set up. In order to solve this problem, a new type of laser marking control model based on embedded network laser marking mode is designed. The influence of single factor on the performance of laser marking is analyzed by the related data preprocessing algorithm in this model. Through the statistical analysis of the experimental data, the marking performance change rule of the two-value image is obtained. Finally, the fast selection model of the optimal parameters and the optimal performance range of laser marking are obtained. Research results show that, the model provides a reliable method for the selection of the optimal performance control parameters of laser marking. This provides a significant reference for the further research of laser marking performance parameters.

Key words: embedded ethernet; laser marking; optimal parameters; marking performance

1 引 言

激光应用技术是近年来新兴的重要制造业技术

之一,随着人们对激光功能、特性等研究的逐渐深入,其应用范围也得到了空前的拓展。在先进制造与加工技术要求的不断提高下,工业生产中激光

基金项目:湖北省教育厅重点项目(No. D20141601);武汉纺织大学研究生创新基金项目资助。

作者简介:闫久江(1989-),男,硕士研究生,主要研究方向为智能信号检测与处理。E-mail:jungleyan@foxmail.com

通讯作者:李红军,男,副教授,主要研究方向为工业装备自动化及信息智能化。E-mail:lhj@wtu.edu.cn

收稿日期:2015-07-16

标刻质量、标刻速度、单位功耗等参数的考量也变得更加严格。在激光标刻工艺里,不同的质地不同材料组成甚至不同温湿度环境中的工件对具有特定波长的激光的吸收情况有很大不同,同时,影响激光标刻性能的因素也有许多,从系统内因上讲有激光质量、光斑大小、聚焦效果、振镜性能、调Q参数^[1]等因素;从系统外因上讲主要有环境因素(包括环境温、湿度等)、工件本身因素包括工件材质及其表面对激光的吸收率、焦距大小等客观因素。在同等上述条件下,激光标刻工件的标刻质量^[2]仍存在很大区别,主要是由标刻设备控制系统决定的,其中主要包括激光的标刻功率、标刻速度、标刻时间等主要因素。在当今传统的激光标刻技术中,对于不同的材料的工件或者不同环境参数下的相同工件一般采取多次标刻实验、对比观察的方式来确定最优标刻功率、标刻速度或定点标刻时间等参数,该种方式应用普遍,易学易用,可用在对标刻性能要求相对较低的场合,但是其性能考量仅是凭肉眼观察,误差较大,主观随意性较强,且较为耗时。本文通过嵌入式网络激光标刻模式下的新型激光标刻控制模型及相关算法,对特定常用金属合金材料进行大量标刻实验研究,并对实验素材进行数字图像处理,获取标刻样本的图像参数如灰度值、对比度、及表面粗糙度等参数,以此实现对标刻图像的多角度观察与衡量,根据所得参数数据综合分析,实现标刻速度最快化和标刻质量的最优化,并节省工件标刻调试时间和最大程度减少产品浪费。

2 网络激光标刻系统总体设计

2.1 硬件总体设计

本系统采用了瑞科 RFL-P10Q 型 10W 脉冲光纤激光发生器^[3],激光振镜头采用了金橙子科技 GO5-YAG-10-D 型数字化激光扫描振镜;另外从控制组成上讲,本系统为基于嵌入式以太网的网络激光标刻控制系统,该系统的网络模块即由 ARM CORTEX-3 架构的 STM32F107VCT6 主控芯片与 DM9161A 网络接口芯片构建的 10/100M 自适应高速以太网实现待标刻数据的传输,之后系统标刻控制单元将接收到标刻数据进行算法转换,最终实现点阵扫描式激光标刻。其中,系统总体设计框图^[4]如图 1 所示。

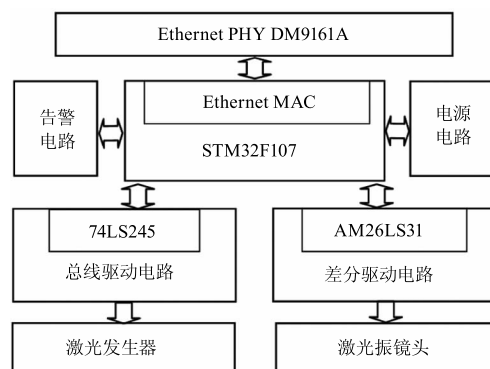


图1 系统总体框图

Fig. 1 Diagram of the overall system

2.2 系统标刻控制算法设计

在该系统中,对于不同类型的待标刻数据如 ASCII 字符、汉字字符、二值图片、灰度图片等分别对应不同的标刻控制算法。在以上算法中,由于二值图片对比度比较鲜明,其标刻质量能更好地反应系统标刻性能,故本文将以二值图的算法为例,分析系统激光标刻性能参数。其中,系统二值图标刻控制算法^[5]如图 2 所示。

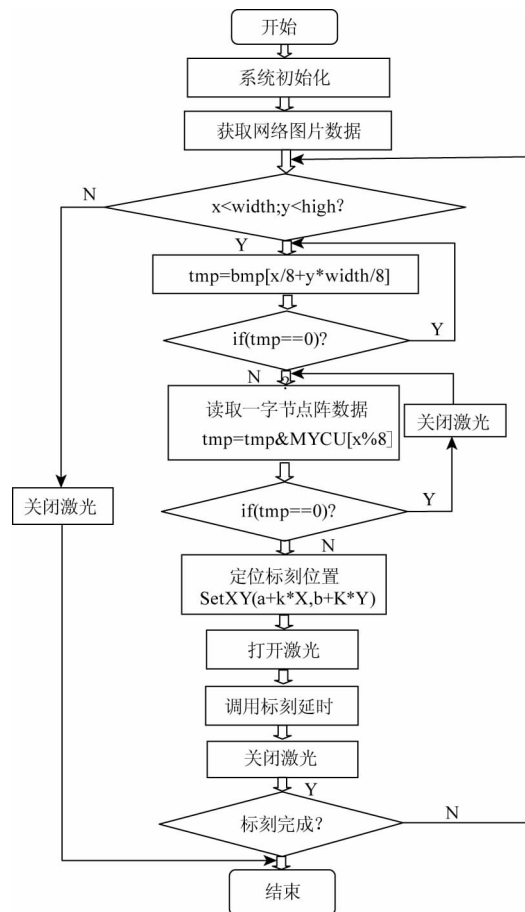


图2 系统二值图标刻控制算法流程图

Fig. 2 The flow chart of system two value image marking control algorithm

首先,上位机通过嵌入式以太网与网络激光标刻系统进行数据传输,然后对获取的标刻数据通过该算法进行标刻前数据预处理。

之后,进入标刻流程,系统根据标刻数据的标刻长度与宽度数值,取出第一行的第一个字节所含的字模数据,并判断此八位数据是否都为 0,若是则说明此处连续 8 个像素点都为灰度值为 0 的像素点。此后再对该数据进行单位像素数据状态获取,并同样判断该位状态是否为 0 灰度值像素点。若是则跳过,进行下一位状态获取;若否,则定位激光标刻位置。

最后,系统打开激光并根据标刻参数要求设置激光打开时间长短,从而实现以像素为单位的从左到右从上到下的逐点扫描式激光标刻。

3 二因素分析

3.1 功率 P 因素对标刻性能的影响分析

激光发生器的设置功率^[6]一般由激光发生器控制端口 DB25 端口中的 DB1 ~ DB8 管脚设定。通过该 8 位管脚同时给予不同的 0 或 1 状态,实现对半导体激光发生器驱动电流的 256 级控制,从而间接实现对激光发生器功率的 0 ~ 100% 分级控制。然而,实际工业应用中,光学功率输出与电路理论值非绝对线性关系,激光发生器的功率实际输出幅度一般为 10% ~ 100%。

根据以上对激光发生器的特性分析知,当激光发生器功率设置参数改变(即如上图 2 中程序初始化时所设置的值是 255×0.2 ,功率最大值为 255,后面乘以 K 值代表功率百分比值)时,该系统对特定工件的标刻质量、标刻效果及性能也会随之改变。

在恒速度及其他影响因素等同条件下,该系统通过对特定工件(黑色金属合金铁片)按如上标刻控制算法进行多次不同功率设定值的二维码图片激光标刻,并对已标刻二维码图片的灰度、对比度等图像质量参数值进行了分组统计,其详细情况如表 1 所示。

表 1 中,标刻速度单位为 m/s,单点标刻时间单位为 μs ;功率设置值范围为 0 ~ 255,灰度反转值范围为 0 ~ 65535,对比度值范围为 0 ~ 100%;由表 1 可知激光标刻设置功率/灰度变化曲线图和设置功率/对比度变化曲线图如图 3 和图 4 所示。

表 1 激光恒速度标刻结果统计表

Tab. 1 The statistics of constant speed laser marking

序号	功率	标刻灰度值	标刻后对比度值	标刻速度	单点标刻时间
1	0	13364	43.6	6.00	1.00
2	25	17018	48.4	6.00	1.00
3	50	24985	53.2	6.00	1.00
4	75	35980	65.7	6.00	1.00
5	100	44461	73.2	6.00	1.00
6	125	52629	78.4	6.00	1.00
7	150	57255	88.5	6.00	1.00
8	175	61423	91.1	6.00	1.00
9	200	63736	86.7	6.00	1.00
10	225	56540	78.3	6.00	1.00
11	250	48830	60.6	6.00	1.00

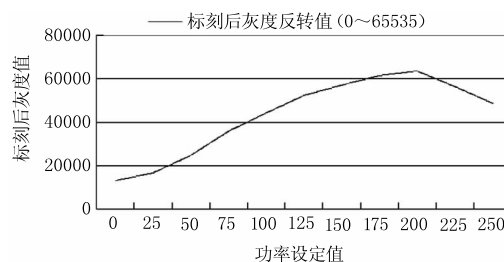


图 3 设置功率-灰度变化曲线图

Fig. 3 Setting power-gray curve diagram

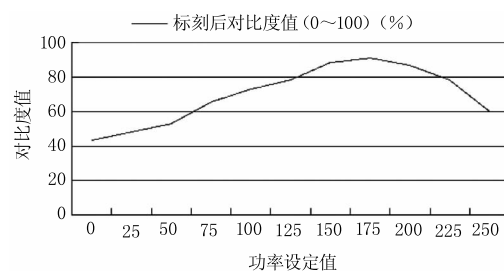


图 4 设置功率-对比度变化曲线图

Fig. 4 Setting power-contrast curve diagram

由实验统计结果及灰度变化曲线可知,在同等标刻速度、单点标刻时间及其他外在条件下,系统对特定工件的标刻性能在一定功率范围内,该性能指标随着激光器设置功率的增加(以在本试验中每次增加 25 个功率单位为例)而逐渐成非线性增加,当标刻性能指标增加至临界点后又逐渐减小。设标刻性能指标为 M ,影响参数中灰度值为 X ,对比度值为 Y ,由此可得标刻性能函数为:

$$M = F(X, Y)$$

经对标刻工件样本(设样本表面为理想情况,纯黑色灰度值为0,对比度为0)及不同功率下的标刻结果进行对比分析发现,当标刻工件为特定黑色合金金属铁片时,标刻部位由0灰度值的纯黑色逐渐变为不同灰度等级的其他灰度图像,随着设置功率的增加,灰度值逐渐增加,当达到某一理想值域时,图片标刻部位灰度值最大,亦即图像最接近白色。当设置功率继续增加,激光在工件表面以下更深处产生的局部高温将对均相体系的合金分子结构造成不可逆改变,甚至直接使部分合金分子直接汽化,造成标刻表面的灰度增加,对比度减小,表面粗糙度增加,综合标刻性能下降。

3.2 标刻速度 V 因素对标刻性能的影响分析

激光标刻字符、线条、图形图像等技术都是通过激光光斑在不同方向上的连接或部分区域叠加从而形成视觉上的连续字符或图案效果的。在等同步长(即相邻光斑间距)、设置功率等其他外部条件下,激光光斑单点持续时间和由之确定的标刻速度也是影响标刻性能的重要因素。在该系统算法下,对不同标刻速度下进行标刻实验,实验数据统计结果如表2所示。

表2 激光恒功率下标刻结果统计表

Tab. 2 The statistics of laser constant-power marking

序号	功率	标刻灰度值	标刻后对比度值	标刻速度	单点标刻时间
1	255	45232	61.7	1.00	6.00
2	255	51914	70.2	1.50	4.00
3	255	55769	89.9	2.00	3.00
4	255	64507	80.1	2.50	2.40
5	255	58339	73.3	3.00	2.00
6	255	49288	66.6	3.50	1.71
7	255	32494	54.9	4.00	1.50
8	255	22471	50.8	4.50	1.33
9	255	14705	40.7	5.00	1.20
10	255	8509	23.5	5.50	1.09
11	255	2056	9.2	6.00	1.00

由表2可得速度-灰度变化曲线图和速度-对比度变化曲线图如图5和6所示。

由以上数据统计与分析可知,在同等外部条件下,激光标刻速度在逐渐增大过程中,标刻性能参数值由较高起始值逐渐增大至最优值;与此同

时随着速度的增加,标刻灰度值增高,对比度也随之增高,综合标刻性能呈指数上升趋势;随着标刻速度的继续增大,其标刻灰度及对比度从最优值逐渐下降,当速度最大时,标刻性能降至最低。综上所述可知,该过程类似设置功率影响激光标刻性能参数变化趋势的逆过程,其物理标刻成型原理亦与之类似。

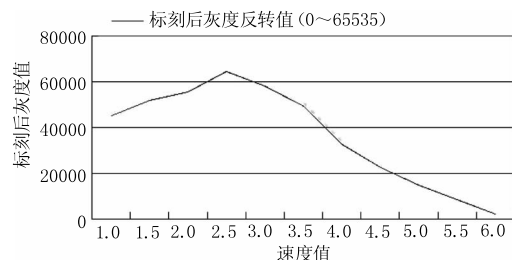


图5 标刻速度-灰度变化曲线图

Fig. 5 Marking Speed-gray curve chart

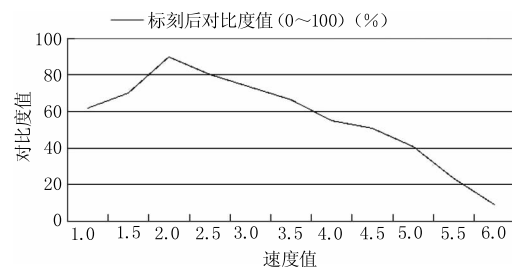


图6 标刻速度-对比度变化曲线图

Fig. 6 Marking speed-contrast curve chart

4 结论

根据该系统标刻控制算法,通过对不同变量在不同参数值变化下进行多组激光标刻实验,并对标刻结果图像进行数字图像处理,获取表征标刻图像性能参数的数据,再对数据进行统计分析,得到了激光标刻多因素影响分析结果^[7]。

实验结果表明,在同等外部条件下,激光器设置功率和激光标刻速度以及单点标刻时间等参数对激光标刻性能有显著影响,随着激光器设置功率的增加,激光标刻性能呈现先增后减的非线性变化,在该特定工件下,最优标刻性能为当功率设置为 $(185 \pm \Delta x)$ 域值范围内个功率单位时,此时灰度值为62264,对比度值为90%,综合标刻性能良好。同样根据单一变量法,当保持标刻设置功率处不变,考量标刻速度时,同等外部条件下,激光标刻性能随着速度的增大呈现短增至峰值后大范围衰减的非线性变化趋势,根据变化趋势曲线可求出当标刻速度为 $(2.3 \pm \Delta x)$ m/s 时,此时标刻性能指标中灰度值为

61998,对比度为 91.7%,此时激光标刻性能处于最优状态。

根据综上实验及分析,激光标刻性能的影响因素是多方面的,对不同标刻工件、不同参数水平等标刻性能有显著差异,对其他材质构成的工件,标刻性能变化规律还需进一步实验验证。

参考文献:

- [1] Leonec, Gennas, Capriong, et al. AISI 304 stain-less steel marking by a Q-switched diode pumped Nd : YAG Laser [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2010, 210(10):1297-1303.
- [2] AnilK Maini. Lasers and Optoelectronics: Fundamentals, Devices and applications[M]. New York; Wiley, 2013.
- [3] ZHANG Dongyan, WANG Rongrui. Progress of high power mid infrared laser [J]. Laser & Infrared, 2011, 41(5): 488-490. (in Chinese)
张冬燕,王戎瑞. 高功率中红外激光器的进展[J]. 激光与红外, 2011, 41(5): 489-490.
- [4] LI Hongjun, YAN Jiujiang, SHI Fujun, CHEN Wei. Research on ethernet based on STM32F107 in network laser marking [C]. International Conference on Mechatronics Electronic Industrial and Control Engineering, 2015.
- [5] Richard Stevens W. Detailed TCP/IP, volume 1: protocol [M]. Fan Jianhua, translation. Beijing: Mechanical Industry Press, 2000. (in Chinese)
Richard Stevens W. TCP/IP 详解, 卷 1: 协议[M]. 范建华, 译. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [6] YU Haijiao, YAN Qi, LIU Yongjun, et al. Fabrication and research of embedded micro structure optical fiber device [J]. Laser & Infrared, 2013, 43(6): 210-212. (in Chinese)
于海娇, 闫奇, 刘永军, 等. 嵌入式微结构光纤器件的制作与研究[J]. 激光与红外, 2013, 43(6): 210-212.
- [7] Hongjun Li, Jiujiang Yan, Long Yan, et al. Application of man-machine isolation automation assembly for industrial electric detonator[A]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 716-717: 1522-1526.