

文章编号:1674-2869(2015)01-0064-04

镀层厚度的自动测定

秦襄培,刘 莉,郭亚娟,鄢宁波,吴 丽

武汉工程大学机电工程学院,湖北 武汉 430205

摘 要:基于图像处理技术提出了一种无需测量线的涂镀层厚度计算机自动测量方法,并用另一种取多条直线分别测量求平均值的方法对测量值进行验证. 首先,运用 MATLAB 图像处理软件将用金相显微镜采集到的图像二值化;然后,编程得到二值化图像的投影量曲线以及微分曲线,计算曲线上凹谷区域的实际宽度即得到镀层断面厚度真实值;最后,为了验证结果的准确性,采用在镀层上不同位置画测量线的测量方法求出断面厚度值,比较两次测量的结果. 结果表明提出的计算机测量方法不需要画测量线,能够保证材料完整性,简单可行;只需要一次测量即可得出结果,误差在可接受范围,结果可靠.

关键词:镀层厚度;图像处理;测量

中图分类号:TP391

文献标识码:A

doi:10. 3969/j. issn. 1674-2869. 2015. 01. 014

0 引 言

对于强化新零部件表面修饰,修复设备失效零部件等方面,表面工程强化有两种处理方法. 其中,喷涂、电刷镀、电镀、堆焊和表面黏涂^[1-2]都是表面涂覆的常用技术. 覆层的厚度对零件的质量有很大的影响,覆层太薄会影响材料的表面性能,从而使表面处理达不到理想的结果;覆层太厚会影响覆层的结合强度以及内应力过大,且会造成实验材料资源的浪费;覆层厚薄不均会使材料表面在工作时受力不平衡,从而减少材料的使用寿命. 考虑到产品设计时的配合公差,方便更换零件,在对零部件进行表面处理时,要确保处理后的零部件尺寸与原来的标准设计尺寸一致^[3]. 在采用覆层技术对零部件表面进行处理时,电镀层厚度的准确检测至关重要. 零部件的耐蚀性和导电性与电镀层厚度有直接的关系,从而很大程度上直接影响产品的可靠性和使用寿命.

衡量电镀层质量的指标有很多,其中电镀层厚度是重要指标之一. 采取不同的方法对电镀层厚度进行测量是十分必要的. 测定电镀层的方法很多,大体上可以分为两类,无损法和破坏法. 目前应用比较广泛的一种不需要破坏电镀层表面的测量方法,称作无损法,无损法包括重量法、磁性法等. 现今无损法已经发展的相对成熟,均有成型的仪器设备,使用简单方便. 还有一种操作相对繁琐,适用于实验室的方法称作破坏法,这种方法会损坏电镀层

表面,因此不经常使用. 破坏法包括溶解法、液流法、点滴法等. 文中采用一种无需画测量线,结合金相显微镜和计算机图像处理的方法实现电镀层断面厚度的自动测量.

1 断面金相显微镜法简介

采用金相显微镜测量电镀层厚度的方法,需要得到电镀层横断面,首先采用制备金相试样的方法得到所需的横断面,然后利用金相显微镜直接测量电镀层的局部厚度和平均厚度.

这种方法适用于测量 $2\mu\text{m}$ 以上的各种金属镀层和化学保护层厚度. 当电镀层厚度大于 $8\mu\text{m}$ 时,这时候测量误差达到 $\pm 10\%$,因此只能作为参考. 对于电镀层厚度大于 $25\mu\text{m}$ 时,使误差降到 5% 内. 也可测量薄镀层,精确到 $\pm 8\%$.

使用这一方法时,镀层厚度的测量误差一般是随放大倍数的减小而增大的. 所以选取放大倍数通常应使视场直径为尺寸镀层厚度的 $1.5\sim 3$ 倍^[4]. 在同一位置上,每次测量时应该在同一位置测量不少于 3 次计算平均值. 如果要得到平均厚度,则应在试样上不同位置选取 5 个点测量,然后取平均值.

2 镀层断面厚度的计算机测定原理及实现

现在有的软件如 VNT QuantLab,提供了自动和交互式相结合的渗层深度测量工具,可完成各类

收稿日期:2014-11-25

基金项目:2012 年地方高校国家级大学生创新创业训练计划(201210490019)

作者简介:秦襄培(1972-),男,湖北武汉人,副教授,博士.研究方向:图像处理、摩擦学.

渗层、镀层深度测量,但是价格昂贵.文中根据图像学原理开发了镀层断面厚度测量软件.现简单介绍其原理及实现.

图像的边缘提取和图像分割的目的是得到图像中感兴趣的部分,也称作目标,经过这两步,得到的是若干区域和边界,其余未识别部分称为背景.得到的目标是测量的对象,让计算机来识别这些目标才能实现测量功能.为实现这一点,需要提供这些目标的有用性质或特征,描述它们之间的相互关系.形状和结构分析指的是用计算机图像处理和分析系统对目标提取形状特征的过程.根据镀层的特点,这里使用图像的统计方法为投影法.

投影量是沿着图像某个方向截面的灰度值累加计算量的集合,投影的示意图如图 1 所示.根据图 2 中镀层的厚度方向,可计算垂直投影量.图像函数为 $\{f(x,y)\}$, s 为投影方向, t 为与其垂直的方向, t 与 X 轴夹角为 θ , 则 $\{f(x,y)\}$ 沿着 s 的投影定义为^[5]:

$$p(t,\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t\cos\theta - s\sin\theta, t\sin\theta + s\cos\theta) ds$$

特别地,在 X 轴上的投影定义为

$$p_x = p(t,0) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t,s) ds = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x,y) dy$$

在 Y 轴上的投影定义为

$$p_y = p(t,\pi/2) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(-s,t) ds = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x,y) dx$$

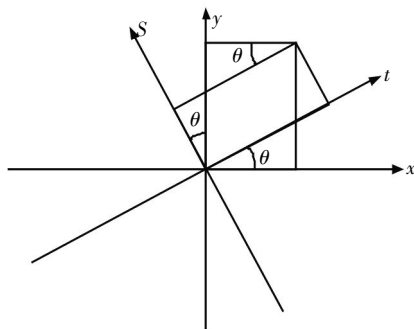


图 1 投影示意图

Fig.1 Projection diagram

从图 1 可以看到,当 $\theta=0,90^\circ$ 时计算简单些.因此在采集图像时,可调整试样位置以便让镀层边缘与图像边缘垂直或平行,这样后期计算可以简单些.

采用金相显微镜作为图像的采集工具,图像相对于实物的放大倍数为 400,采集的图像如图 2 所示.因为采集的图像通常是彩色的,而彩色图像处

理起来占用的数据空间较大,处理速度也较慢,因此为简化计算,首先将彩色图像转换为灰度图像,再转换为黑白图像,即将图像黑白二值化,如图 3 所示.这样可以设黑色点的灰度值为 1,白色点的灰度值为 0.

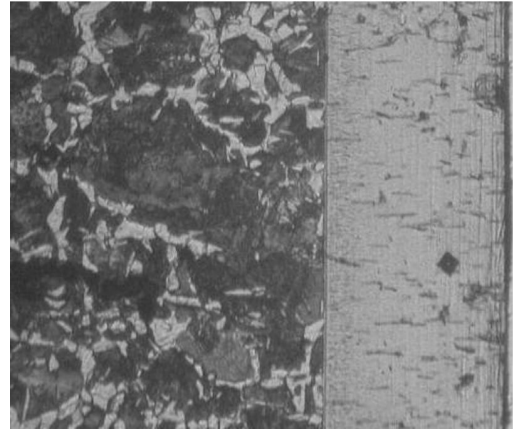


图 2 镀层显微图像

Fig.2 The coating microscopic image

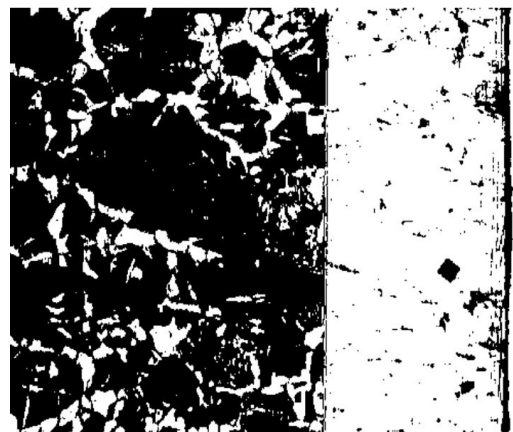


图 3 镀层黑白图像

Fig.3 The coating black-and-white image

由图 3 可以看到基体材料区域纹理以黑色为主,镀层材料区域以白色为主.根据这一特点,运用 MATLAB 软件,统计每一个 X 值所对应的 Y 轴方向上黑点的个数,这里的个数指的是像素点的个数,再将像素点个数乘以每个像素点代表的实际长度,得到电镀层断面的实际长度.通过统计计算黑点在 X 轴上的投影量,由图 4 可以看到,投影量曲线有明显的凹谷,此凹谷对应的区域即是镀层材料区域.取凹谷的两端点之间的距离即是镀层断面厚度.另外,从投影量微分曲线可以更清楚地看到,在镀层的断面处微分值有突变.由于投影本身就是一统计量,它表示了视场内镀层区域边缘点的位置情况,因此不需要多次测量.

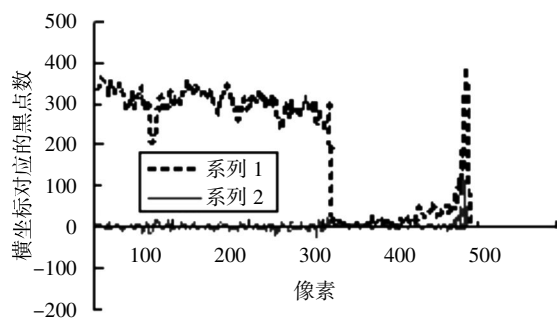


图 4 黑白图像在 X 轴上的投影量曲线及其微分曲线

Fig.4 The projection curve and differential curve of the black-and-white image on X -axis

注: 系列 1—投影量曲线 系列 2—微分曲线

由图 4 可以得到, 凹谷对应的区域像素点个数为 180, 根据给定的标尺 0.144 mm, 得到放大之后的厚度为 26 mm, 除以放大倍数 400, 这样计算得到镀层断面厚度为 65 μm .

为了验证上述测量方法的准确性, 采用在不镀层断面上画测量线求厚度值. 由图 3 可以看到, 电镀层断面的两条边界接近平行直线, 因此, 在不同位置测量求平均值的方法是可行的. 从上到下依次取 5 条直线 a 、 b 、 c 、 d 、 e , 测量示意图如图 5 所示, 测量结果如表 1 所示.

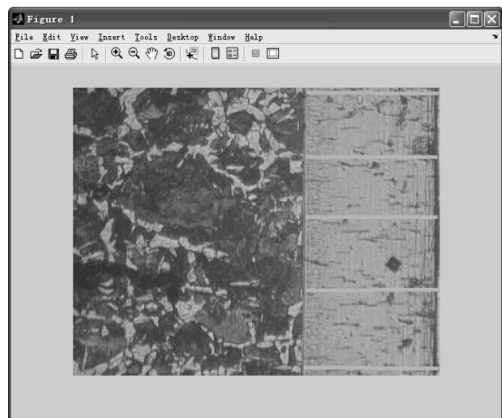


图 5 测量示意图

Fig.5 Measurement diagram

表 1 测量结果

Table 1 Measurement results

被测量	首端坐标	尾端坐标	x 坐标差值	长度值/mm
a	(309,4)	(488 ,4)	179	25.776
b	(311 ,100)	(488 ,100)	177	25.488
c	(311 ,198)	(489 ,198)	178	25.632
d	(309 ,290)	(488 ,290)	179	25.776
e	(309 ,382)	(490 ,382)	181	26.064
平均值			178.8	25.747

由表 1 可以看出测量结果为 25.747 mm, 图片放大倍数为 400 倍, 最后求得电镀层断面厚度为 64.368 μm . 两次测量结果相近, 把后一种测量结果当做真值, 前一种测量结果当做测量值, 计算相对误差为 0.98%. 说明了文中提出的电镀层断面厚度自动测定方法是可行的.

3 结 语

在图像处理的基础上提出的电镀层断面厚度的计算机自动测定方法, 通过统计图像上黑点在水平轴上的投影量, 得到投影量曲线, 再将曲线中凹谷对应区域像素点转换成实际长度, 即得电镀层厚度的真实值. 投影法的优点在于不需要画测量线求取平均值, 只需要一次测量即可. 既不会破坏材料本身, 操作起来简单易行, 也不需要现有昂贵的测量软件, 仅运用例如 MATLAB 等基本图像处理软件就可实现测量的目的.

致 谢

感谢 2012 年地方高校国家级大学生创新创业训练计划(201210490019)对本研究的资助!

参考文献:

- [1] 徐滨士. 纳米表面工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
XU Binshi. Nanomaterials surface engineering[M]. Beijing: Chemistry Industry Press, 2004.
- [2] 徐滨士, 朱绍华. 表面工程的理论与技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.
XU Binshi, ZHU Shaohua. Theory and technology of surface engineering [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1999.
- [3] 刘振作. 涡流涂镀层测厚仪的开发与应用现状[J]. 材料保护, 2003, 36(9): 64-65.
LIU Zhenzuo. Development application of eddy current thickness meter[J]. Materials Protection, 2003, 36(9): 64-65.
- [4] 曾华梁, 吴仲达, 陈钧武, 等. 电镀工艺手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1989.
ZENG Hualiang, WU Zhongda, CHEN Junwu, et al. Plating technology handbook[M]. Beijing: China Machine Press, 1989.
- [5] 王新成. 高级图像处理技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.
WANG Xincheng. Advanced image processing technology[M]. Beijing: China Scientific and Technology Press, 2001.

(下转第 78 页)