

# 金属工件边缘塌角的测量方法

于在河 刘 富 孙令明 李铁柱

(吉林工业大学)

(东北轻合金加工厂)

**摘 要** 文章以链片塌角的测量方法为例提出了一种金属工件边缘塌角的测量方法。用激光器作为光源, CCD 作为接收器件, 并用单片机进行数据处理。本方法尤其适用于体积较小、生产数量较多的金属工件的在线自动测量。

**关键词** 边缘塌角 激光 CCD 测量

经过冲压工艺生产出来的金属工件, 在冲压过程中将产生边缘塌角。若塌角太大, 则为不合格产品, 需要剔除; 若塌角符合标准, 则需要将带有塌角的面按一个方向统一装配。所以在链条产品生产过程中, 需要对塌角的大小进行测量或对带有塌角的面进行区分。由于塌角处于工件边缘, 用微波等方法进行测量时, 有效信号往往淹没在边缘效应中而难以提取。尤其象链片这样体积小、厚度薄、塌角微小而生产量又相当大的金属产品, 生产过程中急需一种能在线测量并自动区分塌角的装置。

本文仅就塌角信号的提取和信号处理等关键技术进行讨论。

## 1 测量原理

平行光垂直照射在平滑的金属平面, 反射光按原光路返回; 而照射在塌角上时, 将按与塌角垂直的方向发出反射光。用 CCD 对这个塌角的反射光进行探测<sup>[1,2]</sup>, 并经过信号的放大、检波、计数等处理<sup>[3]</sup>, 通过计算得出塌角的大小。系统框图如图 1 所示。

## 2 反射光光强的计算

He-Ne 激光器的输出功率为

$$P = \frac{1}{2} t_1 I A \left( \frac{2LG}{\alpha_i + t_1} - 1 \right) \quad (1)$$

式中  $A$  —— 激光束平均截面,  $m^2$ ;  $I_s$  —— 饱和光强,  $W/m^2$ ;  $t_1$  —— 部分反射光的透射率;  $L$  —— 增益介质长度,  $m$ ;  $\alpha_i$  —— 部分反射镜的损耗率;  $G$  —— 增益介质的小讯号增益系数。

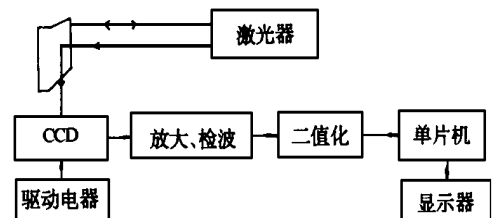


图 1 检测原理框图

Fig 1 Chart of the measument process

收稿日期: 1997- 12- 19

于在河, 讲师, 长春市人民大街 142 号 吉林工业大学电子工程系, 130022

由于要求所使用激光器发出的平行光的发散角很小, 所以传输过程中光束发散可忽略不计, 则其能量损失亦可忽略不计。

$S_1$  为光斑(即激光束)的面积,  $S_2$  为塌角的面积。塌角表面接收的激光能量为

$$P_1 = (S_2/S_1)P \tag{2}$$

由于塌角一般都很小, 因此激光的能量在这一点上损失很多。金属表面光的吸收率  $k$  为

$$k = k_0/n = \alpha\lambda\sqrt{4\pi n} \tag{3}$$

式中  $k_0$ ,  $\alpha$ ——为电介质材料对光的吸收系数,  $n$ ——电介质材料对波长为  $\lambda$  的光的折射率,  $k$  和  $n$  可以通过以下关系式近似求得:

$$n = \sqrt{1 + k^2} = \sin\overline{\varphi}\tan\overline{\psi} \tag{4}$$

$$k = \tan(2\psi) \tag{5}$$

式中  $\overline{\varphi}$ ——主入射角,  $\overline{\psi}$  为主方位角。可见, 此吸收率不但与材料有关, 还与光入射角度有关。

反射光强可以由下式近似算出:

$$P_2 = P_1(1 - k) = (1 - \frac{\alpha\lambda}{4\pi n}) \cdot \frac{S_2}{2S_1} \cdot t_1 I_A (\frac{2LG}{\alpha_i + t_1} - 1) \tag{6}$$

由于  $S_1 \gg A$ , 故

$$P_2 = \frac{1}{2} S_2 \cdot t_1 I_s (1 - \frac{\alpha\lambda}{4\pi n}) \cdot (\frac{2LG}{\alpha_i + t_1} - 1) \tag{7}$$

实验证明, 此光强高出所选 CCD 的接收灵敏度<sup>41</sup>。

### 3 CCD 位置的计算

图 2 示出待测链片及其边缘塌角。检测塌角尺寸  $h$  是否在规定范围内。

图 3 中, 某检测点的反射光长度为  $L$ , 宽度为  $w$ 。激光照射点到检测点的距离为  $M$ 。激光束与反射光近边(反射光 a)的夹角为  $\alpha$  反射光束 b 与反射光的夹角为  $\beta$ 。已知  $M$ , 用 CCD 与单片机联合测出  $L$ , 通过标定即可算出塌角的大小;  $w$  为 CCD 安装的可调范围。

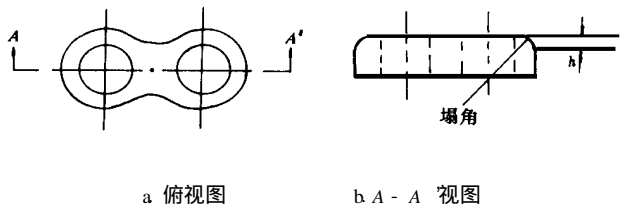


图 2 链片及边缘塌角的形状

Fig. 2 Shape of chain element and its edge flaw

为使接收效果最佳, CCD 的安装应使反射光垂直照射在光敏元上, 因此 CCD 的感光部位要正对着塌角, 它的三维位置讨论如下:

沿  $x$  轴方向,  $M_{\min} < M < M_{\max}$  当  $M$  太大时, 一方面将使  $L$  超出 CCD 的最大可接收长度  $L_{\max}$ , 使测量不准确, 另一方面, 反射光的能量减小, 对 CCD 灵敏度的要求增高, 因此  $M_{\max}$  由  $L_{\max}$  和 CCD 灵敏度决定。当 CCD 距离激光照射点太近, 激光管发出的杂散将干扰 CCD。

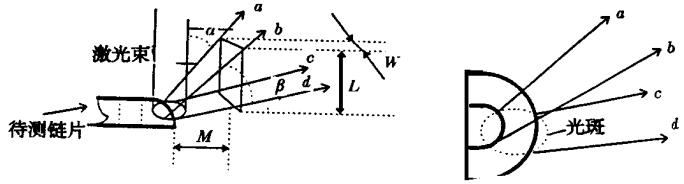
沿  $y$  轴方向, CCD 只要不超出  $w$  的范围即可。沿  $z$  轴方向, 应使 CCD 的中心在  $\varphi$  角的位置。  $\varphi$  角满足下式(如图 2):

$$\varphi = \alpha + \beta/2 \tag{8}$$

总之,在调试实验中,CCD 的安装应三维调整,找出最佳位置。

### 4 单片机系统

单片机系统对数据进行进一步处理,计算出 CCD 接收的反射光长度,经过标定以后,可以算出塌角的大小,并对杂散光进行判别,以提高测量精度。程序框图如图 3 示。



a CCD 位置计算图                      b 塌角处反射光的形状

图 3 CCD 位置确定原理

Fig 3 Detemining principle of CCD position

### 5 实验结果

选用腔长为 15 cm 的 He- Ne 激光器,配以适当的电源,其输出功率经过一定时间后趋于稳定,因此在使用该仪器时需要先对激光器进行预热。

为验证所提方法的效果,采用 TCD - 142D 作为接收器件,进行链片自动分选实验。实验共进行五组,每组 100 个链板,进行连续测试。

结果表明,这种方法平均选出率为 98.2%,误选率为 0.5%,能够满足选出率和误选率的要求,并能准确测量塌角的大小。

### 6 结论

1) 此方法能满足链片的测量与分选要求。

2) 链片的塌角为圆弧状,是一个较典型的塌角形状。此方法能更好地测量直线塌角,亦能推广到测量或区分其它复杂形状的塌角的测量。

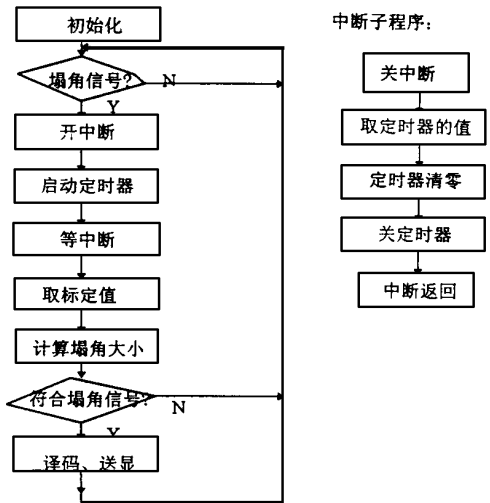


图 4 程序框图

Fig 4 Program chart

### 参 考 文 献

- 1 工件表面轮廓的 CCD 在线测试 全国光电技术与系统学术会, 1988(6): 159~ 160
- 2 线阵 CCD 在非接触测量中的应用 全国光电技术与系统学术会, 1988(6): 163~ 164
- 3 纪明 CCD 驱动电路的设计思想·长春光学精密机械学院学报, 1991, 14(2): 1~ 5
- 4 魏泽斌等 微光 CCD 摄像器件灵敏阈研究 光学学报, 1988, 8(12): 1123~ 1127

## Measurement of Edge Flaw on Metal Workpiece

Yu Za ihe Liu Fu Sun Lingming

Li Tiezhu

(*Jilin University of Technology, Changchun*) (*North-east Light Alloy Working Factory, Harbin*)

**Abstract** This paper presents a measurement method of edge flaw on metal workpiece base on measurement way of chain element 's flaw, taking a laser as light resource, CCD as receiving component, and a single-chip microprocessor as data processing system. This method is especially adap table to measure automatically on-line in small volume and large mount metal workpiece in producing

**Key words** edge flaw, laser, CCD, measurement