

# 在微机图像分析仪上实现硬度定量测量

李志敏 夏志坚 邓毅\*

(重庆大学光机系,重庆 630044)

**摘要** 本文讨论了在重庆大学研制的 MAS-1 微机定量图像分析仪上进行硬度定量测量的方法,介绍了在该系统上进行维氏、克氏硬度测量的设计思想以及具体测试过程,为工厂的现有生产和新产品试制提供了准确、快速的理化定量分析手段,有效地保证产品质量,使理化检测水平提高到一个新的水平。

**关键词:** 维氏硬度;克氏硬度;定量金相;图像处理

## 1 引言

在现代工业生产、科学研究中,维氏硬度、克氏硬度及显微维氏硬度,克氏硬度试验是一种非常重要的检测手段。

然而在实际测试试验过程中,当试验力较小或硬度值较高时,用常规的人工测试方法较难得到准确的硬度值。这是因为在测试过程中,当测微镜放大倍数, $<600\times$ ,压痕直径很小时,人工测试压痕直径必然产生较大的误差,并且重复性较差,特别是在钢的渗层表面硬度和渗层深度的测试过程中,人工测试就显得尤为困难。由于钢的渗层深度很小,所以用的试验力不能过大,一般 $<0.3\text{kgf}$ ,否则将压透渗层影响测试精度。另外,在渗层深度测试时,由于渗层的硬度不均匀,且呈递减趋势,测试的每一点的硬度均有一定的差异,所以给测试带来较大的困难。在最后的计算时,因为工作量大,工作效率低,计算繁琐,很容易产生人为差错。

## 2 方法原理

维氏硬度的试验方法均是以规定的试验力将两相对夹角为 $136^\circ$ 的正四棱锥体金钢石压头以一定的速度压入试样表面,保持规定的时间后卸除试验力,测量其压痕对角线长度,通过计算或查表得到硬度值。

维氏硬度值等于试验力除以压痕表面积所得的商,如图1所示。

$$\text{计算公式: } H_v = \frac{2F \cdot \sin \frac{360^\circ}{2}}{d^2} = 1.8544 \times \frac{F}{d^2}$$

式中： $H_v$ —维氏硬度值(单位： $\text{kgf}/\text{mm}^2$ )

$F$ —试验力(单位： $\text{kgf}$ )

$d$ —压痕对角线  $d_1$  和  $d_2$  的算术平均长度，即  $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$  (单位： $\text{mm}$ )

克氏硬度的试验方法也是以规定的试验力(长度方向的两个相对棱边之间的顶角为  $172.5^\circ$ ，宽度方向和两个相对棱边之间的顶角为  $130^\circ$ )将具有棱形基面的金钢石棱锥体，压头以一定的速度压入试样表面，保持规定的时间后卸除试验力，测量其压痕长对角线长度，通过计算或查表得到硬度值。

克氏硬度值：原理与维氏硬度相似，如图 2 所示。

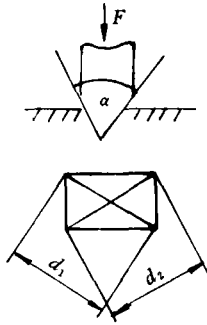


图 1

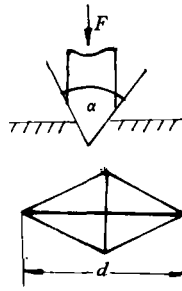


图 2

$$\text{计算公式: } H_k = 2F \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \text{ctg} \frac{\beta}{2} / d^2 = 1.4229 \times \frac{F}{d^2}$$

式中： $H_k$ —克氏硬度值(单位： $\text{kgf}/\text{mm}^2$ )

$F$ —试验力(单位： $\text{kgf}$ )

$d$ —长对角线的长度(单位： $\text{mm}$ )

### 3 测量方法

在进行维氏和克氏硬度( $H_v$ 、 $H_k$ )测量时，首先应将硬度压痕图像通过显微镜，摄像机及图像采集处理器送入计算机。这些压痕在计算机内呈现出正方形或菱形图像，通过程序对图像进行二值化，颗粒筛除等预处理后，可以将压痕图像与周围背景分别割开。这时计算机需完成地工作就是找出正方形压痕两对角线的长度平均值或菱形压痕长对角线的长度，然后再利用上述维氏和克氏硬度计算公式计算出相应的硬度值。

现在面临的关键问题就是如何寻找压痕的对角线长度。对于维氏硬度有如下几种方法计算对角线长度。

(1) 利用曲率找出正方形压痕的四个顶点

首先采用边缘跟踪法找出正方形的边缘点坐标，并存放于一数组中，然后在这个数组中计算相邻两点间的曲率值，找出四个最大

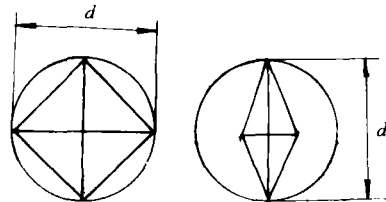


图 3

曲率值所对应的点即为四个顶点,利用四个顶点就能计算出两对角线长度的平均值。

#### (2)利用最小切圆法求对角线长度

这种方法主要是找出正方形、棱形压痕的最小外切圆,如图 3。

这一外切圆的直径即为压痕对角线长度。

#### (3)利用正方形压痕四条边求对角线长度。

首先考查压痕图像的边缘,然后找出四组曲率不发生变化的点,这四组点即对应痕上的四条边,利用这四组点可计算出四条边的直线方程,通过四个直线方程可找出四个交叉点,这四个交叉点即为压痕上的四个顶点,这时就可根据这四个顶点,计算出对角线长度。

对于克氏硬度可以用上述的(2)、(3)两种方法求出长对角的长度。

以上三种方法中,(1)、(2)两种方法会产生一定的误差。由于显微硬度打出的压痕通过显微镜在图像分析仪中呈现出的图像不可能有其尖锐的顶点,而是图 4 所示的平滑的顶点。利用这些点求得的对角线长度会产生较大的误差。

为了解决这个误差,可采用修正系数或上述的第(3)种方法。该方法实际上是将压痕的四条边进行回归、拟合直线延伸,并找出延伸后产生的交叉点,这时的交叉点才是真正的压痕顶点,如图 5。

利用这样的顶点计算的对角线长度具有较高的准确性,符合客观实际情况。

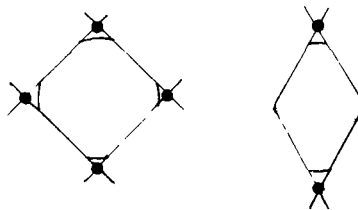


图 4

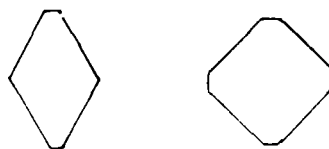


图 5

## 4 测量结果

### 4.1 微机图像分析仪测试维氏,克氏硬度的方法

- (1)制样:先取样,然后磨片,抛光,再进行硬度试验。
- (2)标定:根据所用显微镜(测微镜)放大倍数,标定微机图像仪的刻度值。
- (3)采样:利用 TV 摄像机从显微镜(测微镜)中采集维氏硬度压痕图像,通过图像采集处理器送入微机。
- (4)二值分割:将具有灰级别差异的维氏,克氏硬度压痕图像进行二值分割,将压痕图像与周围背景图像分割开。
- (5)定位:控制产生一活动框,将被测压痕框住。
- (6)测定:人机交互操作,输入试验力  $F$  值,微机自动根据其形态,尺寸测试、计算,最后将硬度值输出到屏幕或打印机。

## 4.2 测量结果

下面是两组不同试验力通过人工测试及微机图像仪测试得到的数据,见表1。

表1

压力:200g;H.(0.2)848;允许误差1.2%			压力:300g;H.(0.3)442;允许误差1.2%		
	人工	图像仪		人工	图像仪
1:	821	847	1:	429	436
2:	841	847	2:	423	436
3:	861	854	3:	429	436
4:	821	854	4:	435	445
5:	821	847	5:	423	445
6:	821	854	6:	429	436
7:	841	847	7:	429	445
8:	861	854	8:	435	445
均值:	836	850.0	均值:	429	440.5

$$\text{人工测量误差} = \frac{848 - 836}{848} \times 100 = 1.4\%$$

$$\text{人工测量误差} = \frac{442 - 429}{442} \times 100 = 2.9\%$$

$$\text{图像仪测量误差} = \frac{850 - 848}{848} \times 100 = 0.29\%$$

$$\text{图像仪测量误差} = \frac{442 - 440.5}{442} \times 100 = 0.34\%$$

## 5 结 束 语

我们知道在定量研究金属的组织时,考虑到金属是不透明的,只能从二维磨面的组织或薄膜投影图像去推断三维的空间图像及组织参数。图像分析的基本方法就是从二维图像中提取需要的特征信息并自动地进行处理,测量和计算。

定量硬度测量的方法就是根据试样硬度压痕对角线长度所具有的特征,经过特定的处理,计算出其硬度值。

将微机图像分析仪应用于维氏、克氏硬度测量,将有效地解决人工测量带来的误差,从而提高测试精度和计算的准确性,提高其理化检测效率。

### 参 考 文 献

- [1]Pavlidis, Algorithm for Graphics and Image Processing, 1982
- [2]秦国友著,《定量金相》. 重庆大学出版社, 1987
- [3]Rosenfeld, Kak A. C., 《Digital Picture Processing》. 2nd Edition, Academic Press, New York, 1982, 11(2)
- [4]GB4342-84, 《金属显微维氏硬度实验方法》. 国家标准局, 1984.11

## Hardness Measurement Through Computer Image Processing

Li Zhimin, Xia Zhijian and Deng Yi

*(Chongqing University, Chongqing 630044)*

### Abstract

This paper provides a method of measuring metal hardness by using Quantitative Metal-lurgical Image Analysis System. The authors discussed the designing clue and the practical proces to measure V-hardness or K-hardness , provided a fast and precise tool of physical and chemistry analysis to factories' current production and new product development ,and effien- ciently ensures product quality and upgrade the level of physical and chemistry test.

**Key words:** V-hardness, K-hardness, Quantitative metalurgraphy, Image processing