

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.04.13

洛氏硬度计压痕测量系统检定方法探讨

李自武¹, 沈运杰¹, 苗淼²

(1. 西安航空发动机(集团)有限公司, 陕西 西安 710021; 2. 海军装备部, 陕西 西安 710021)

摘 要: 针对洛氏硬度计压痕测量系统直接检定方法进行分析讨论, 提出了具体的压痕测量系统直接检定和数据处理方法, 为开展该项检定工作提供参考。

关键词: 金属洛氏硬度计; 压痕测量系统; 直接检定

中图分类号: TB938.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2016)04-0048-03

Discussion on Verification Method of Indentation Measuring System of Rockwell Hardness Testing Machine

LI Ziwu, SHEN Yunjie, MIAO Miao

(1. Xi'an Aero-Engine(Group)LTD, Xi'an 710021, China; 2. The Naval Armaments Department, Xi'an 710021, China)

Abstract: An analysis and discussion about the verification method of indentation measuring system on Rockwell hardness testing machine is made in this paper, and it puts forward a method of direct verification and data processing, which can be used as the reference for carrying out the verification work with the indentation measuring system on Rockwell hardness testing machine.

Key words: Rockwell hardness testing machine; indentation measuring system; direct verification

0 引言

金属洛氏硬度计是用于测定金属材料机械性能最常用的设备之一, 其结构主要由机体、加试验力机构、压头和压痕测量系统等组成。关于金属洛氏硬度计压痕测量系统(以下简称为测量系统)的检定方法, 在JJG 112-2013《金属洛氏硬度计检定规程》中有专门的叙述, 在ASTM E18《Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials》硬度计直接校准方法中也有相应的要求。本文结合国家检定规程和外贸标准关于测量系统检定/校准方法进行分析讨论, 提出测量系统具体的检定和数据处理方法, 以明确测量系统的检定过程。

1 测量系统及其检定方法

1.1 测量系统

金属洛氏硬度计的试验原理是: 在初试验力 F_0 及总试验力 F 先后作用下, 将金刚石圆锥压头(或规定直径的球压头)压入试样表面, 卸除主试验力 F_1 , 测量

保留初试验力时的压痕残余深度 h 。按公式(1)计算洛氏硬度值为

$$H_R = k - \frac{h}{c} \quad (1)$$

式中: H_R 为洛氏硬度, HR; h 为卸除主试验力后, 保留初试验力下测得的压痕残余深度, mm; c 为常数, 0.002 mm或0.001 mm; k 为常数, 100或130。

由金属洛氏硬度试验原理可知, 洛氏硬度值是通过测量压头压入试样的深度来实现的, 测量系统属于位移量的测量。

1.2 测量系统的检定及存在的问题

洛氏硬度计测量系统检定为直接检定法中的一个计量特性的检定。所谓洛氏硬度计直接检定是指采用直接测量试验负荷、深度测量系统、硬度计滞后现象和试验周期等计量特性指标, 来校验硬度计的关键部件是否处于允许误差范围的过程。直接检定的目的就是确定硬度计误差源, 保证硬度计的一个部件所导致的误差不得由另一个部件的误差予以抵消。在JJG 112-2013《金属洛氏硬度计检定规程》和外贸标准ASTM E18中, 都要求检定/校准测量系统所使用的检定仪最大允许误差为 $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 。对于常规洛氏硬度标尺, 测量系统的最大允许误差为 $\pm 1 \mu\text{m}$; 对于表面洛氏硬度, 最大允许误差为 $\pm 0.5 \mu\text{m}$, 相当于 $\pm 0.5 \text{ HR}$ 。

收稿日期: 2016-04-23

作者简介: 李自武(1971-), 男, 高级工程师, 主要从事力学计量工作。

关于测量系统的检定方法 JJG 112-2013《金属洛氏硬度计检定规程》中规定,取下硬度计压头,将压痕测量系统检定仪(以下简称为检定仪)放置在硬度计工作台上,适当调整检定仪位置,确保检定仪主轴与硬度计主轴在同一轴线上。将初试验力施加在检定仪上,然后检定仪通过增加硬度值的方向使主轴产生已知的位移增量,在不少于三个间隔(包含常用标尺的最低和最高硬度相对应的间隔)上进行检定,每次测量结果应满足测量系统技术要求。ASTM E18 中规定,按照不少于四个均布增量来校准硬度计的压痕测量系统,其增量应能覆盖硬度计所测的正常工作深度的整个范围。对将要使用的洛氏标尺而言,正常工作深度范围应符合最低和最高硬度值。根据以上叙述,可以看出 JJG 112-2013 和 ASTM E18 两个标准关于测量系统和检定/校准测量系统所使用的检定仪的技术要求是相同的。但是检定/校准方法上存在两方面的不足:首先是两个标准都对测量系统的最大允许误差进行了规定,但没有对重复性进行规定;其次是检定/校准方法叙述简单,没有规定各检定/校准点是单次测量或多次测量,具体方法不够明确,容易产生不同的理解,可操作性差。

2 测量系统的检定及数据处理方法分析

2.1 测量系统的检定方法分析

根据金属洛氏硬度计试验特点,其测量系统的检定及数据处理方法不外乎下面三种方法。

1)将初试验力施加在检定仪上,检定仪通过增加硬度值的方向使主轴产生已知的位移增量,即:通过硬度计工作台上移,初试验力施加在检定仪上,至硬度计测量系统零位,然后检定仪对硬度计主轴加力,使主轴产生位移,硬度示值向增大的方向变化。在不少于 n 个间隔(包含常用标尺的最低和最高硬度相对应的间隔)上进行一次测量(测量结果应满足测量系统技术要求),按公式(2)进行计算

$$\Delta h = h_1 - h_0 \quad (2)$$

式中: Δh 为压痕测量系统误差, μm ; h_1 为实测位移量, μm ; h_0 为检定仪给定位移量, μm 。

这种检定方法仅仅用每个检定点单次测量进行误差计算,没有考虑测量系统重复性因素。直接检定的目的就是确定硬度计误差源,保证硬度计的一个部件所导致的误差不得由另一个部件造成的误差予以抵消,如果测量系统的重复性大,必然会影响到随后的间接检定结果,所以这种检定方法存在一定的不足之处。

2)将初试验力施加在检定仪上,检定仪通过增加硬度值的方向使主轴产生已知的位移增量,具体操作方法与第一种方法相同。在不少于 n 个间隔(包含常用标尺的最低和最高硬度相对应的间隔)上进行测量,重复测量三次(测量结果应满足测量系统技术要求),按公式(3), (4)进行计算

$$\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i \quad (3)$$

$$\Delta h = \bar{h} - h_0 \quad (4)$$

式中: Δh 为压痕测量系统误差, μm ; $\bar{h}$ 为实测位移量, μm ; h_0 为检定仪给定位移量, μm 。

采用测量结果的平均值计算计量器具示值误差的方法是最常用的数据处理方法。对于洛氏硬度计测量系统的检定来说,如果采用这种方法进行检定,图 1 中两种情况都应该判断为符合技术要求的。图 1 中的两种情况,虽然测量结果平均值在允许误差范围内,但有的测量点已经超出规程/规范要求的技术要求。如果洛氏硬度计测量系统状态处于这两种情况,必然会影响到间接检定的测量结果,显然这种测量系统检定方法也存在一定的不足之处。

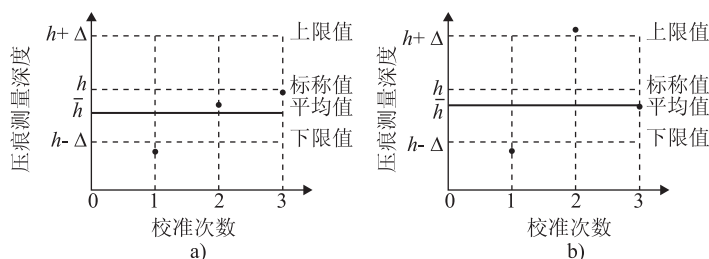


图 1 示值误差试验图

3)将初试验力施加在检定仪上,检定仪通过增加硬度值的方向使主轴产生已知的位移增量,具体操作方法与第一种方法相同。在不少于 n 个间隔(包含常用标尺的最低和最高硬度相对应的间隔)上进行测量,重复测量三次,按公式(2)进行计算,每次测量结果应满足测量系统技术要求,如图 2 所示。这种测量系统检定方法规定了每次测量结果的误差应在其最大允许误差范围之内,其实也相当于对测量结果的重复性加以限定,这种检定方法是科学合理的,符合 JJG 112-2013《金属洛氏硬度计检定规程》和外贸标准 ASTM E18 的要求。

2.2 测量结果数据处理方法实例

选用一台型号为 A-200 洛氏硬度计进行检定试验,取下压头,将压痕测量系统检定仪放置在硬度计

