



金相显微镜数字照相及图像分析的方法确认

毕革平, 杨 栋

(北京恒智友科技开发中心, 北京 100050)

摘 要: 金相显微镜已经逐步采用数字照相技术采集、记录金相组织以及利用图像分析技术进行金相检验分析。通过分析显微镜刻度尺图像、金相样品图像, 及给定特定图形且已知面积的图像, 依据 ISO/IEC 17025 检测和校准实验室能力的通用要求, 并结合金相检验标准, 阐述了金相显微镜利用新方法的方法确认, 其中包括量值溯源、金相组织输出、图谱比较、长度类测量和面积类测量的确认方法。这种确认的方法也作为企业显微镜改造升级和购置定量金相分析系统验收的方法。

关键词: 金相显微镜; 显微数字照相; 图像分析; 量值溯源; 方法确认; 实验室认可

中图分类号: TG115.21⁺1.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-4012(2007)01-0023-04

METHOD VALIDATION OF DIGITAL PHOTOMICROGRAPHING AND IMAGE ANALYZING INSTALLED IN THE METALLURGICAL MICROSCOPE

BI Ge-pin, YANG Dong

(Constant-Wisdom-Friendship Enterprise, Beijing 100050, China)

Abstract: Now digital photographing technology and image analyse technology are setted to the metallurgical microscope for microstructure test and analysis. According to the ISO/IEC 17025 : 2005 and combining the standard methods of microstructure test. This paper gives several methods to validate these new methods by analyzing images of stage micrometer, metallurgical sample, and images that consisting of definite area in geometric graph. Several kinds of validation methods including of traceability of a quantity value, printing microstructure graph, comparing microstructure photo with standard photos, length measurement, and area measurement are discussed in this paper. These methods also can be used to check and accept quantitative image analysis system or new digital photomicrography system installed in the metallurgical microscope.

Keywords: Metallurgical microscope; Digital photomicrographing; Image analyzing; Traceability of a quantity value; Method validation; Laboratory accreditation

随着科技的发展, 新型金相显微镜都配有数字照相系统, 而无数字照相系统的显微镜也可以改造升级为数字照相系统取代胶片照相系统^[1,2,3], 图像分析技术也逐步在金相实验室推广应用。然而, 目前金相检验的国家标准或行业标准, 大多数没有涉及数字照相技术和图像分析技术。按照 CNAS—CL01 : 2005《检测和校准实验室能力的通用要求》^[4]准则中的 5.4.5 要求, 实验室应对非标准方法、实验室设计(制定)的

方法、超出其预定范围使用的标准方法、扩充和修改过的标准方法进行确认, 以证实该方法适用于预期的用途。金相显微镜数字照相技术及图像分析技术在金相检验标准中的应用, 是标准方法的扩充和修改, 在应用之前应进行方法确认。

金相显微镜数字照相及图像分析技术在金相检验中的应用前提是量值溯源性, 它是国际间相互承认测量结果的前提条件, 是测量结果可信性的基础^[5]。

笔者首先以显微刻度尺图像为样品, 分析金相显微镜数字照相及图像分析技术的量值溯源, 然后

收稿日期: 2006-06-09

作者简介: 毕革平(1967—), 男, 高级工程师, 硕士。

表 1 0.01mm 显微标尺计量检定测试结果¹⁾

Tab. 1 Testing result of stage micrometer, 0.01mm

名义值	实测值	名义值	实测值	名义值	实测值	名义值	实测值
10	10.0	260	260.7	510	510.0	730	730.7
20	20.0	270	270.7	520	520.0	740	740.7
30	30.0	280	280.7	530	530.0	750	750.7
...

 μm 注: 1) 测量误差 $<\pm 0.1\mu\text{m}(2\sigma)$ 。

以显微刻度尺图像、金相样品图像,及给定特定图形且已知面积的图像为样品,分析它们在金相检验中的金相组织的输出、标准方法中的图谱比较、长度类测量和面积类测量的应用中方法确认的方法。同时,也为企业显微镜改造升级或购置定量金相分析系统提供一种验收方法。

1 测量溯源性

1.1 数码采集系统对测量溯源性的影响

金相显微镜组织数字采集系统由接口、计算机、软件和打印机组成。由于接口设计不当,或者由于软件算法、软件处理、打印机选择不当或者由于操作不当等原因^[6],会造成通过不间断的校准链或比较链与相应测量的 SI 单位基准相连接,以建立测量标准和测量仪器对 SI 的溯源性^[4]的失败,从而使金相显微镜系统的检测无法溯源到 SI。

1.2 实例分析

德国 0.01mm 显微标尺计量检定数据见表 1,通过显微标尺计量检定,确定该显微标尺符合要求。图 1 是在显微镜上采用数字照相技术采集的该显微刻度尺的图像,放大倍数为 200 倍。可以看出,该图像清晰度差,更为严重的是该图像存在较为明显的像差或几何畸变,中间的刻度线细,而两侧的刻度线粗。把图 1 上 70 条刻度线分为 7 组,每 10 条刻度线为一组,从左到右依次排序为 1,2,……7 组,测量这 7 组刻度线的平均宽度、间距及自由程数据,得到图 2 分布图。

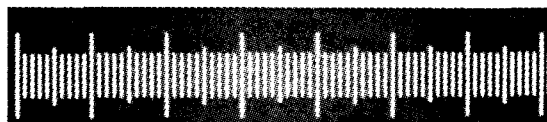


图 1 显微刻度尺的数字图像 200×

Fig. 1 Digital image of stage micrometer

7 组总的平均厚度为 $3.47\mu\text{m}$ 。从分布图可以

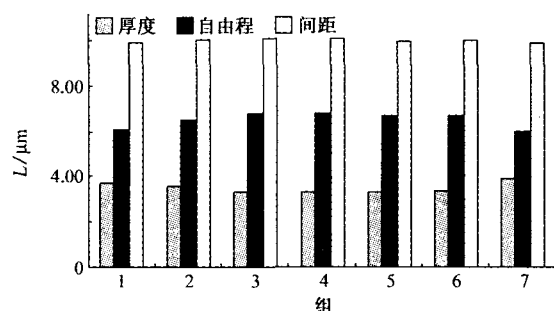


图 2 图 1 中刻度线厚度、间距和自由程分布图

Fig. 2 Thickness, distance and space distribution of scores in Fig. 1

看出,图片中心一组,即第 4 组,平均厚度最小,为 $3.27\mu\text{m}$,与总平均厚度的相对误差为 5.76%。从中心到两侧,平均厚度逐渐增大,第 7 组平均厚度高达 $3.90\mu\text{m}$,与总平均厚度的相对误差为 12.39%。

7 组总的平均间距为 $9.99\mu\text{m}$,测量最小间距值为 $9.90\mu\text{m}$,最大值为 $10.10\mu\text{m}$ 。尽管总平均间距在显微刻度尺计量检定误差范围内,但仍不能确定该金相显微镜系统的检测可以溯源到国际单位制。显微镜的放大率允许偏差^[9]为 5%,只有刻度线间距在计量检定误差范围内、视场中心刻度线宽度与视场边缘刻度线宽度的相对误差在 5% 范围内,而且没有像差的情况下,才可以确定金相显微镜系统的检测可以溯源到国际单位制。

关于出现像差的原因见文献^[6]。在 GB/T 10561—2005《钢中非金属夹杂物含量的测定-标准评级图显微检验法》标准中,夹杂物宽度粗、细划分表见表 2。如果采集夹杂物图像时也出现如图 1 的类似像差,将导致粗、细系的误判。对于出现明显像差时采集的金相组织,再进行第二相面积及面积比测量计算时,误差会更大。

2 方法确认

金相组织的输出由胶片改为计算机打印,图谱比较由与实物标准图片比较改为电子图片比较,长



表 2 夹杂物宽度粗、细划分表

Tab. 2 The width of nonmetallic inclusions μm

类别	A	B	C	D(直径)
细系	2~4	2~9	2~5	3~8
粗系	>4~12	>9~15	>5~12	>8~12

度测量由目镜测量改为软件测量、面积测量由手工测量改为软件测量,这些方法都是标准方法的扩充或改进,在标准没有修改发布前,按照 CNAS—CL01:2005《检测和校准实验室能力的通用要求》准则,实验室要进行方法确认。

2.1 金相组织输出确认

金相组织输出确认的主要内容是放大倍数和组织清晰度。放大倍数确认步骤为:①采集显微镜 0.01mm 刻度尺图像并按照要求的倍数打印;②用游标卡尺测量刻度线间距,测量间距除以实际间距 0.01mm 换算出放大倍数;③要求倍数与换算出的倍数的相对误差在 5% 范围^[8]内就可以接受。

金相组织清晰度确认步骤为:①确定采集组织的样品,一般采用日常检验分析的组织或细小的组织为样品;②数码采集样品组织并标注组织信息,按照要求的倍数打印电子图片;③采用胶片拍摄同样样品、同样视场范围的组织,并冲洗获得照片;④对比打印组织与冲洗照片,两者应具有同样的清晰度和组织细节。

2.2 长度测量确认

长度类测量可以分为镀层(如 QB/T 3817—1999 轻工产品金属镀层和化学处理层的厚度测试方法——金相显微镜法)、渗层(如 JB/T 5069—1991 钢铁零件渗金属层金相检验方法)及脱碳层(GB/T 224—1987 钢的脱碳层深度测定法)等厚度测量。标准方法是用带有测微目镜的显微镜测量,先测量等倍数的显微刻度尺,得到换算系数,然后测量实际组织的厚度,最后换算为组织实际厚度。

方法确认的方法是通过金相试样测显微硬度,确定两个可识别的测量点,用测微目镜测量结果与软件测量结果比较确认。或任意选择显微标尺两条刻度线,用测微目镜测量结果与软件测量结果比较确认。只要软件测量结果在目镜测量结果误差范围内,就是可以接受的。

2.3 图谱比较确认

图谱比较有两种情况:①有具体面积数据,但通过图谱比较确定级别。例如:GB/T 6401—1986 铁素体奥氏体型双相不锈钢 α 相面积含量金相测定

法,GB/T 13305—1991 奥氏体不锈钢中 α 相面积含量金相测定法等。②无具体数据的,比较评级确定级别。例如:JB/T 5074—1991 低、中碳钢球化体评级。图谱比较标准方法是通过目镜观察再与标准印刷的图谱比较,确定级别,在比较过程中,显微镜放大倍数与标准图谱倍数相同。

图像分析软件中图谱比较所使用的图谱是采用扫描标准印刷图谱获得,或标准局提供的电子版图片。由于受扫描分辨率、数码采集显微组织分辨率的影响,当不同途径获得的电子图片在相同的显示器显示时,放大倍数是不确定的,图片的长度和宽度,即视场大小,也是不确定的。故此必须对标准电子图谱和采集数字组织必须进行标定,以确保相同的放大倍数和相接近的视场显示,以保证图谱比较的准确性。所以,图谱比较方法的确认,实际是放大倍数的确认和视场大小的确认。确认方法步骤:①采集显微组织并标定,在该图片上标记标尺长度;②同等条件采集显微刻度尺图像并标定,按照图谱比较要求的倍数打印该刻度尺图像;③按照图像分析软件供应商提供电子图谱的分辨率扫描打印的刻度尺图像,扫描视场大小和印刷图谱大小相同(如 $\phi 80\text{mm}$, $71\text{mm} \times 71\text{mm}$),并装入标准图谱图库;④按照图像分析软件供应商要求的方法将①采集的组织图和③获得的刻度尺图放在同一个显示界面并打印这个界面;⑤测量打印界面上刻度尺倍数和组织的倍数和视场大小(直径或长宽),这两个倍数的相对误差和视场大小(直径或长宽)的相对误差,如果 $\leq 5\%$ ^[9],就是可以接受的。

2.4 面积测量——定量金相的确认

GB/T 15749—1995 定量金相手工测定方法中将定量金相定义为:由金相磨面中测得的二维参数来推算三维空间中金相组织含量的方法。该方法主要应用于显微组织中,形状近似等轴状、条状和树叉状等各类合金物相含量(体积百分数)的测定。其测量方法是网格数点法、网格截线法和显微镜目镜刻度测定法,互换公式是 $P_F = L_L = A_A = V_V$ 。

不同的图像分析软件,会采用不同的方法计算面积^[7],而且这种算法可能是保密的。对金相工作者而言,并不关注面积的具体算法,而重点关注计算金相组织的准确性和精确性。具体方法确认步骤为:①获得含不同形状特征物(需测量的合金相)并已知其面积值及计算体积比值的电子图片。特征物的不同形状选择“形状近似等轴状、条状和树叉状”,



以保证与标准方法规定形状一致。面积的确定可以是其他软件设计制作的,也可以采用在坐标纸上绘制给定面积的形状再扫描为电子图片;② 打印该电子图片,并按照 GB/T 15749—1995《定量金相手工测定方法》测量特征物体积比;③ 图像分析软件分析测量该电子图片特征物体积比;④ 比较测量结果,软件测量结果应在标准方法测量结果误差范围内并与已知体积比值的相对误差应 $\leq 5\%$ 。

3 结论

通过采集、打印显微镜刻度尺图像可以很好分析显微镜数字照相及图像分析的量值溯源性,通过采集、分析显微镜刻度尺图像、金相样品以及确定面积的图像,并结合带刻度的目镜,可以确认显微镜数字照相及图像分析方法。这种方法的确认,既可以作为金相实验室显微镜数字照相及图像分析方法的方法确认,以证实该方法适用于预期的用途,也可以

作为企业显微镜改造升级和购置定量金相分析系统验收的方法。

参考文献:

- [1] 毕革平. 数码照相技术在金相显微镜上的应用[J]. 钢铁研究学报, 1999, 11(6): 57—59.
- [2] 毕革平. 金相显微镜数码化照相系统[J]. 材料工程, 2000(5): 45—48.
- [3] 吴伯群, 毕革平. 一种实现显微镜照相系统计算机化的方法[P]. 中国: ZL 98 1 20459. 7, 2004.
- [4] CNAS—CL01: 2005 等效 ISO/IEC 17025: 2005 检测和校准实验室能力的通用要求[S].
- [5] CNALS—CL06: 2006 量值溯源要求[S].
- [6] 于起峰. 基于图像的精密测量与运动测量[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 10—17.
- [7] 张小喜, 毕革平. 金属图像处理算法的研究[J]. 北京理工大学学报, 2000, 20(6): 668—671.
- [8] JB/T 8230. 6—1999 显微镜放大率[S].

2006 年全国失效分析与安全生产高级研讨会 在北京成功举办

由中国机械工程学会主办、失效分析分会承办的 2006 年全国失效分析与安全生产高级研讨会于 2006 年 12 月 6—8 日在北京中国科技会堂成功举办。国家安全生产监督管理总局, 国家质量监督检验检疫总局是本次高级研讨会的支持单位, 中国石油管材研究所、中国石油大学(北京)油气安全工程技术研究中心、中国特种设备检测研究中心为本次研讨会的协办单位。大会主席由中国机械工程学会失效分析分会理事长李鹤林院士担任。本次高级研讨会的主题是“失效分析与安全生产”。来自航空航天、机械、石油、石化、安全生产、质量技术监督等行业的 100 余名代表参加了会议。

大会特邀了国家质量监督检验检疫总局特种设备局张纲局长作了“特种设备安全与事故预防”的报告、中国工程院钟群鹏院士、李鹤林院士分别作了“材料的使用效能在材料科学与工程学科发展中的地位和作用”和“失效分析与安全生产”的主旨报告。中国

安全生产科学研究院吴宗之副院长、空军装备研究院航空装备研究所姬永兴副所长、中国石油北京华油天然气有限责任公司董绍华博士、中国石油管材研究所总工程师冯耀荣博士分别作了“面向 2020 年我国安全生产的若干战略问题的思考”“失效分析与航空安全”“全球油气管道完整性技术与管理最新进展与中国管道的对策”“几起重大装备和器材事故的分析建议”等报告。专家们生动、精彩的报告紧扣失效分析与安全生产的会议主题, 时时博得与会代表的阵阵掌声。

此外, 大会还就一些典型的、影响较大的失效案例的分析过程及经验和教训进行了报告和交流。研讨会期间, 代表们就失效分析与安全生产的关系、今后如何开展失效分析以促进安全生产的发展等问题进行了深入的研讨、对失效分析未来的发展方向和失效分会的今后工作提出了建设性的意见。

中国机械工程学会失效分析分会