

图像分析仪定量分析中测量参数的选择

北京航空材料研究所 阮中慈

介绍了在使用图像分析仪进行定量金相分析中测量参数(放大倍数, 测量视场数)正确选择的重要性及其对测量结果的影响。通过研究实例, 提出了测量参数的确定原则。

The Selection of Measurement Parameters in Quantitative Metallography by Image Analyzer

Ruan Zhongci

(Institute of Aeronautical Materials, Beijing)

In this paper, proper selection of the measurement parameters (magnification, number of fields measured) in quantitative metallography by image analyzer and its importance to measurement results are reviewed. Through the example discussed, the selection principle of the measurement parameters is suggested.

1 引言

近年来,随着数字图像分析技术和电子计算机技术的飞速发展,图像分析仪已逐步应用于材料科学的研究中。由于这类仪器可迅速地从材料的试样和金相照片中定量测得材料微观组织的几何特征和参数,因此它的问世极大地推动了定量金相学(Quantitative Metallography)的发展。在利用图像仪进行定量金相分析测量时,要获得可靠的结果不仅要对所测数据进行统计处理和误差分析,而且还要正确地选择测量放大倍数和测量视场数这两个重要参数,以减少误差,但在实际工作中,后者往往被忽视。本文的目的即通过对高温合金微量相体积分数的定量研究这一实例,阐述以上两个参数对测量结果的影响并提出它们的选择原则。

2 定量金相分析时常用数据统计处理方法

用图像仪进行定量金相分析时,为减少所测数据的随机误差,常用的统计分析指标有:

(1) 算术平均值

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i \quad (1)$$

其中: X_i —每个视场所测数据

n —测量视场数

(2) 标准偏差

$$S = \left[\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (2)$$

(3) 95%置信限 (95% C. I)

$$95\% \text{ C. I} = \pm 2.0 \left[\frac{S}{n^{1/2}} \right] \quad (3)$$

其中 2.0 是 t 因子的简化表达, 95% 置信限的 t 值是 n 的函数。

(4) 相对精度的百分数 (%R. A):

$$\%R. A = \frac{95\% \text{ C. I}}{\bar{X}} \times 100 \quad (4)$$

在实际工作中,判断所测数据好坏常用 95% 置信限下特定的相对精度 %R. A 这一指标。

3 研究实例

试验是在西德 OPTON 公司的 Micro-Videomat II 型图像分析仪上进行的。选择的被测物是镍基铸造高温合金 K19H 中 MC 碳化物相。

试样经细氧化镁粉机械抛光后,由于 MC 相硬度高,抛光后凸出,和基体色采造成反衬,此时 MC 相在仪器上观察呈暗灰色。

选用 4 种 (325×, 550×, 800×, 1060×) 不同的放大倍数对 MC 相的体积分数进行测量。每种放大

倍数测量 50~150 个视场。进行上述对比性试验目的是找出 MC 相的均匀性、放大倍数以及测量视场数对测量结果的影响。

数据经处理后分别得到 MC 相体积百分数与放大倍数、测量视场数的关系；相对精度与放大倍数、测量视场数的关系；以及相对精度与测量面积的关系曲线（图 1~3）。

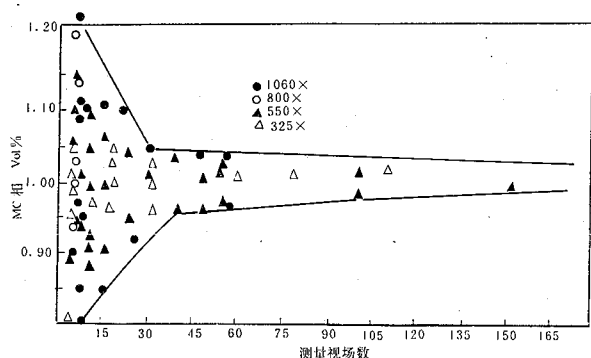


图 1 MC 相体积百分数与放大倍数、测量视场数的关系

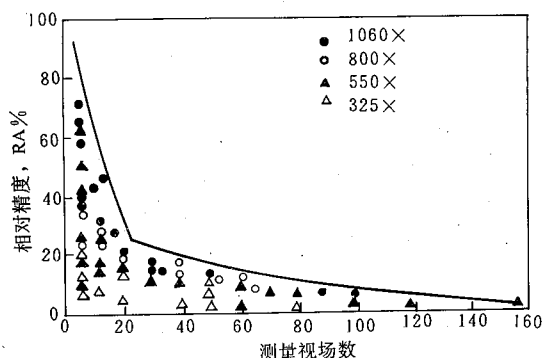


图 2 相对精度与放大倍数、测量视场数的关系

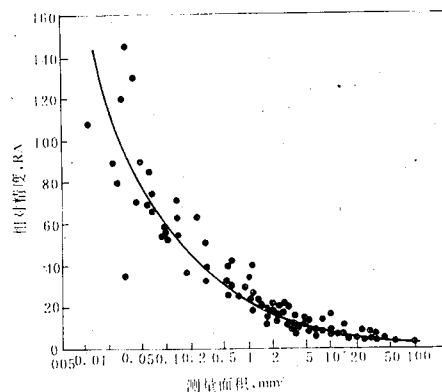


图 3 相对精度与测量面积的关系

从这些关系曲线图中可见以下规律：

(1) 测量视场数愈少、或放大倍数愈大，则所测 MC 相体积百分数的数据分散程度愈大 (S 值大)。反之，数

据集中 (S 值小)。

(2) 当放大倍数一定时，随着测量视场数增加测量面积相应变大，此时相对精度随之提高。

4 讨论

一般认为，放大倍数的选择应以清晰地分辨所测相为准。而测量视场数的选择在 25~100 这一范围内是合适的^[1]。但在实际操作中由于所测对象的不同，这两个测量参数的正确选择应从以下诸方面考虑。

4.1 相对精度的要求

相对精度百分数在 10% 左右在工程上是可用的^[2]。De Hoff 曾提出一个推算在 95% 置信度下测量视场数 N 的简单公式^[3]：

$$N = \left(\frac{200}{\%R} \times \frac{S}{\bar{X}} \right)^2 \quad (5)$$

此式是实用的。在测量中可先选三个视场经数据处理得到 S_i 和 \bar{X}_i 后，根据所要求的 %R，A 将数据代入式 (5) 中，从而粗略得知 N 值。

4.2 材料微观组织的均匀程度、数量和尺度的影响

从式 (5) 可知，当 %R、A 为常数时，S 值（表征材料微观组织均匀程度）和 \bar{X} 值（表征材料微观组织数量）与测量视场 N 有关。S 值和 N 值成正比关系，而所测相的数量（体积百分数）和 N 值呈反比关系。这一影响与研究实例所做的结果是吻合的。

另一方面，所测微观组织的尺度对测量参数选择亦有极大的影响。尺度越小，就必须靠提高测量放大倍数来分辨它，但同时也带来两个问题：其一是放大倍数提高后工作效率下降。例如在一定精度要求下测量一定的视场面积，放大倍数每增加 1 倍，测量视场数需乘以 4 倍；其二是小尺度的测量对象要受到图像系统分辨能力的限制。众所周知，图像系统的分辨能力是由图像监控器上“像素”点数等诸因素来决定的。如果所测质点的尺度仅仅是系统分辨能力的 10 倍，那么所测结果的精度就不可能高于 10%。就光学显微镜作为图像源的仪器来讲，当所测对象的尺度小于 $2\mu\text{m}$ 时，其测量结果的准确程度是难以保证的。

4.3 放大倍数和测量视场数选择的兼顾

在定量金相分析中常希望在尽可能少的测量视场下获得可靠的结果，以提高工作效率。但由于不同材料显微组织参数（均匀程度，质点大小）不同，在实际测量时往往难于做到这一点。这就需要操作人员针对不同情况，兼顾测量结果的精度要求和工作效率的要求，正确选择放大倍数和测量视场数。

以对高温合金中 MC 相体积百分数的定量研究为

(下转第 6 页)

