

计算机图形处理软件在 SEM 图像定量测定中的应用

王改莲, 吴翠微, 董建新, 谢锡善

(北京科技大学高温合金研究室, 北京 100083)

摘 要: 本文用计算机图形处理软件 PHOTOSHOP 对扫描电镜拍摄到的 INCONEL718 合金中的 α -Cr 析出相进行了定量分析。结果表明, 采用图形处理软件 PHOTOSHOP 可以方便地计算出 α -Cr 相的体积密度和颗粒大小。计算机图形处理软件 PHOTOSHOP 是一种简便有效的定量研究工具。

关键词: 图形处理; In718 合金; PHOTOSHOP 软件

近年来随着个人计算机的普及, PHOTOSHOP 这一大众化的图形处理软件可以方便容易地对各种照片、图形进行编辑、处理、统计及计算^[1]。基于这点, 我们试图采用计算机图形处理软件 PHOTOSHOP 对 INCONEL718 合金中的析出相进行定量分析。

INCONEL718 是一种 γ' 、 γ'' 相强化的镍基高温合金, 是用于高性能航空、航天发动机关键部件的材料^[2]。在 INCONEL718 的组织稳定性研究中鉴定出了脆性 α -Cr 析出相^[3]。 α -Cr 相的形貌、大小和数量等特征因素将会对合金的性能有重要影响。由于 α -Cr 相的细小和难于鉴别, 迄今为止国内外尚没有专门的文章来介绍定量测定 α -Cr 相的问题。为了解决定量分析 α -Cr 析出相及其对合金性能影响的相应问题, 本文借助计算机图形处理软件 PHOTOSHOP 测量了 INCONEL718 合金中 α -Cr 析出相的体密度和颗粒大小, 并给出详细的测量方法和分析过程, 为确定 α -Cr 相在 INCONEL718 合金中的数量提供了一个重要方法。

研究方法 with 结果

1 第二相面密度的测量

INCONEL718 合金在高温长期时效后出现的 α -Cr 析出相非常细小, 因此本文研究所用的照片是在扫描电镜下拍摄到的高倍照片。

根据德莱塞(Delesse)定律^[4], 第二相粒子的体积百分数等于随机的试样磨面上第二相粒子断面所占的面积密度的统计平均值。为了体现测量值的统计性质, 需要对多个视场进行测量。对于给定的视场, 可以用 PHOTOSHOP 很方便地计算出第二相粒子断面的面积密度。具体方法: 在 PHOTOSHOP 5.0 的主界面下, 打开需要进行定量计算的照片图 1(a), 在 image 下拉菜单中, 单击 histogram(直方图)按钮, 得到如图 1(b)所示的直方图, 从直方图可以获得需要的信息。

读取数据时, 首先需要选取阈值。显然, 阈值的选取对数据大小有很大的影响。为了减少确定阈值时人为引入的视觉误差, 应该首先对要研究的照片进行处理。处理过程为: 在 PHOTOSHOP 主界面下, 打开待分析的图像, 并且将此图像复制一张以便对照, 弹开 image 下拉菜单, 选择 threshold(阈值)按钮, 则在屏幕上弹出阈值调节对话框, 用鼠标拖动滑块, 直至调节后图片中的亮颗粒看上去与原图中的亮颗粒大小相当(图 2), 读出灰度阈值(例如图 2 中为 216)。从选取的阈值位置拖动鼠标至 255, 则直方图对话框中给出 percentile 数值(如图 1b 中的 0.79), 表示亮度在 216 至 255 范围内的像素数(count 数据)占整个照片像素总数(pixels 数据)的比值, 这与第二相粒子断面的面积密度的定义一致, 因此它就是要读取的面密度值。

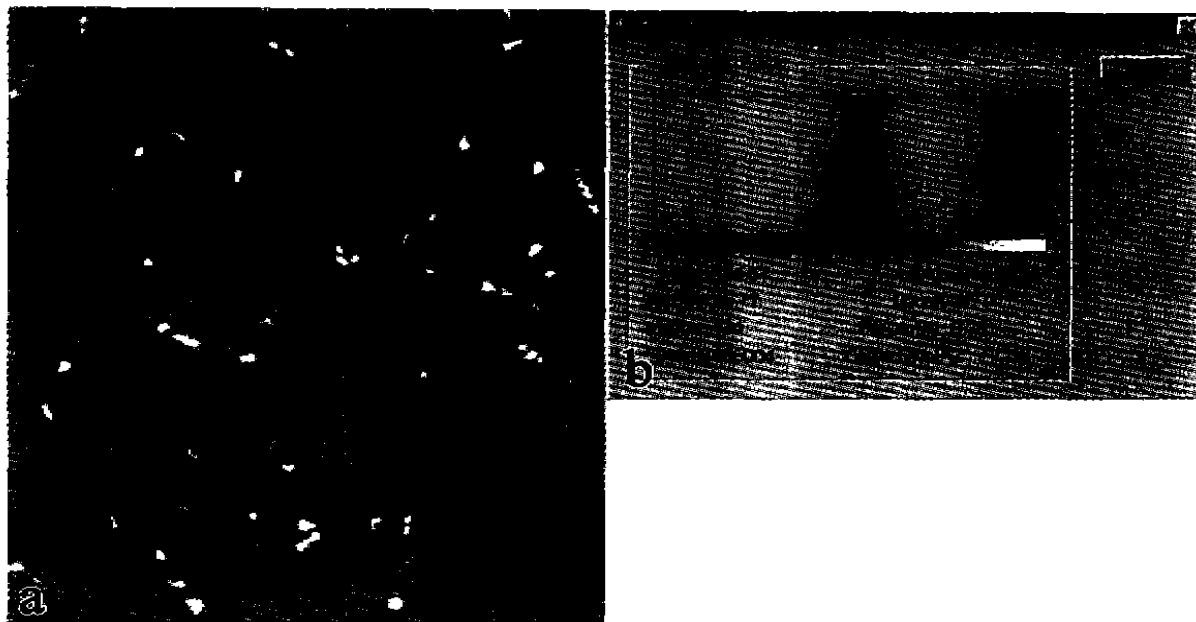


图1 从直方图读取第二相面密度 (a)抛光面的 SEM 照片(Bar=2 μm);(b)照片(a)的直方图。

Fig 1 Method of reading the area fraction of bright precipitates
(a) SEM photo of plane-of-polish; (b) The histogram of photo(a).

2 第二相颗粒尺寸的测量

第二相颗粒尺寸可以用等面积圆直径来描述,而这可以借助 PHOTOSHOP 软件很容易地读取。具体做法为:打开图 3 的调整阈值后的照片,用 PHOTOSHOP 主界面下的选择工具,选定需要测量的颗粒,在 histogram 对话框中,读取灰度 255 时的 count 数据,就是照片中所选颗粒的像素数。依据照片的放大倍数(或标尺),确定每个像素代表的尺寸大小,这样就可以计算所选定颗粒的断面面积了。根据 $d = \sqrt{\frac{4}{\pi}A}$, 计算等面积圆直径,式中 d 为等面积圆直径, A 为断面面积。对图 3 照片中几十个待测颗粒逐一测量后,测得这些颗粒的平均像素数为 63, 平均断面面积为 $0.14\mu\text{m}^2$, 经计算,平均等面积圆直径为 $0.39\mu\text{m}$ 。图 4 是这些颗粒的等面积圆直径大小的统计分布。

讨论

用上述方法进行体积百分含量测量时,对于尺寸太小的颗粒,会由于制样过程中造成的颗粒过分凸起而引起较大的误差。因此对于太小的颗粒,测量的绝对数值可能偏大;但如果对一系列试样进行测量,则相对数值呈现出的规律是可靠的。本文中由于 $\alpha\text{-Cr}$ 析出相颗粒太小,测出的 $\alpha\text{-Cr}$ 析出相数量会偏大,但测量方法本身对于分析 $\alpha\text{-Cr}$ 析出量随时效条件的变化规律是可取的。

在用 PHOTOSHOP 软件进行图像分析时,待测相的亮度最好能与基体显著不同,这样便于确定阈值以读取数据。当待测相亮度与基体差别不大时,则需要用 PHOTOSHOP 主界面下的选择工具选定待测颗粒,调整其亮度与衬度,然后按前面介绍的方法就可以进行测量了。

我们在具体的测量中,采用上述的分析测量方法,对几十张 SEM 照片进行了分析测量,以便

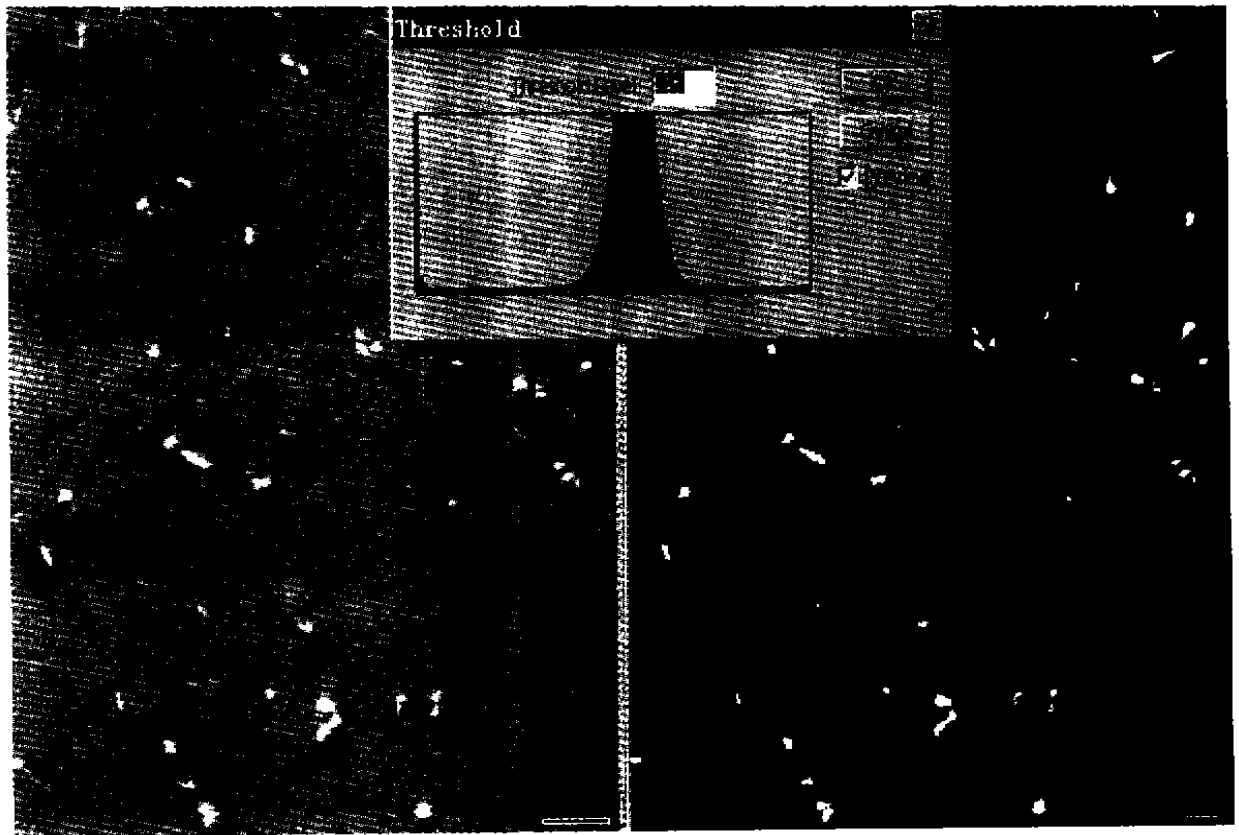


图2 阈值对话框及调整阈值前后的对照照片(Bar = 2 μ m)。

Fig.2 The "threshold" dialogue box and photos before and after adjusting threshold.

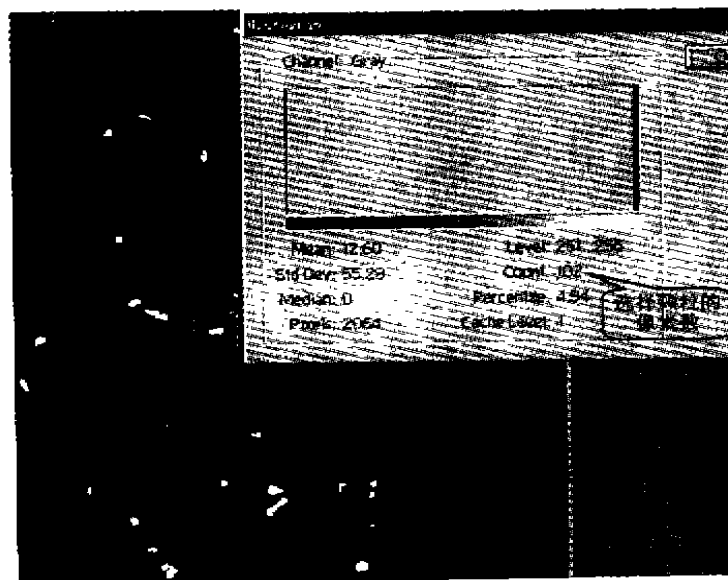


图3 测量选定颗粒的大小。

Fig.3 Measurement of selected particle size.

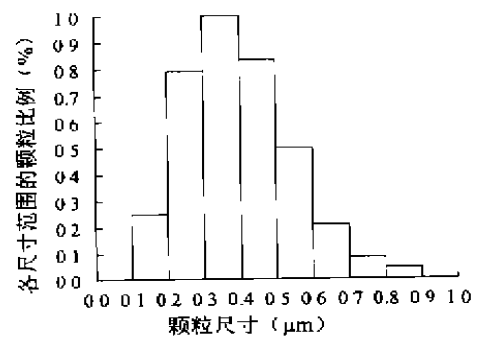


图4 图3中颗粒的等面积圆直径的统计分布

Fig.4 The size distribution of particles in Fig.3.

给出最后的统计数据。

结论

本文利用计算机图形处理软件 PHOTOSHOP 对 INCONEL718 合金中 α -Cr 相的析出量进行了定量研究。结果表明,该软件可以用来对摄取的扫描电镜照片进行处理并对照片中感兴趣的组织进行定量分析,尤其是可以方便地读取合金中第二相的面密度和第二相颗粒的大小及尺寸分布。该计算机软件具有大众化的优点,是一种方便有效的定量研究工具。

参考文献

- [1] 毛选,邓建武译. photoshop 5 与 web 设计绘图. 北京:电子工业出版社,1999.
- [2] 谢锡善,董建新,徐才. 镍基高温合金在长期时效过程中的弱化和脆化. 金属学报,1999,35(增刊 2):S28.
- [3] Radavich J F. The Physical Metallurgy of Cast and Wrought Alloy 718, Superalloys 718-Metallurgy and Application, 1989,229.
- [4] 余永宁,刘国权. 体视学—组织定量分析的原理和应用. 北京:冶金工业出版社,1989.

The application of software PHOTOSHOP in quantitative study on SEM photos

WANG Gai-lian, WU Cui-wei, DONG Jian-xin, XIE Xi-shan

(High Temperature Materials Research Laboratory, Univ. of Sci. and Tech., Beijing, 100083, China.)

Abstract: In this paper, the quantitative study was carried out using computer software PHOTOSHOP to analyze the SEM photos of α -Cr precipitates in superalloy Inconel 718. It was shown that the volume fraction and particle size of α -Cr precipitates can be conveniently calculated using the PHTOSHOP software, so the image process software PHOTOSHOP is a convenient and effective tool in the quantitative study.

Keywords: image process; Inconel 718; PHOTOSHOP software