

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103063576 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 24

---

(21) 申请号 201210543230. 3

(22) 申请日 2012. 12. 14

(71) 申请人 天津钢铁集团有限公司

地址 300301 天津市东丽区津塘公路 398 号

(72) 发明人 于镇洋 王克杰 刘莹 刘海英  
张龙

(74) 专利代理机构 天津市鼎和专利商标代理有  
限公司 12101

代理人 朱瑜

(51) Int. Cl.

G01N 21/17(2006. 01)

---

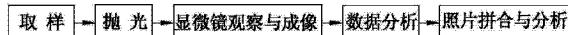
权利要求书1页 说明书4页 附图7页

(54) 发明名称

激光显微镜下定量分析钢中夹杂物的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种激光显微镜下定量分析钢中夹杂物的方法,包括如下步骤:1)取样;2)抛光;3)显微镜观察与成像;4)数据分析:分析后直接获得每张数码化的照片内的夹杂物数据,得到单个试样的夹杂物 A 法评级;5)照片拼合与分析:通过测量计算得到单个试样的各类夹杂物 B 法评级。本发明使用激光显微镜及所带的附件,能够快速扫描整个金相试样表面,分别采用单张及多张连续扫描的方式获得检测面上不同面积的光镜照片,经过软件阴影校正处理后消除光线在试样表面细微偏差,利用照片中的灰度差筛选出钢铁试样表面的夹杂物,激光成像后软件自动计算并统计获得整个待测面内不同类型夹杂物的尺寸、长径比和形状等信息,参照国家标准进行夹杂物评级。



1. 一种激光显微镜下定量分析钢中夹杂物的方法,包括如下步骤:

1) 取样:根据待测试样的形状及种类参照国家标准沿轴向剖开截取试样;

2) 抛光:将试样的待检测面在水磨砂纸上进行打磨平整后,在抛光机上进行抛光,使被测面成为干净的无划痕无磨痕的光滑平面;

3) 显微镜观察与成像:将表面干净的待测试样置于激光显微镜的载物台上,手动调节物镜的高度至适宜显微镜数码相机成像的位置,打开电脑上的显微镜拍照软件,首先采用光镜采集试样的表面图像,可以对待检测区域进行选择;然后切换到激光成像系统,激光扫描显微镜下物镜可以选择一定的成像区间;选择系统自带的多张照片拍摄功能,在确定待测面扫描面积后计算出适合待测试样的拍摄张数,可以获得整个待测面的连续多张 $100\times$ 黑白照片,直接利用显微镜成像软件里的附加功能,可获得待测视场整体扫描拍摄的拼合后的黑白照片;

其特征在于,还分别包括如下步骤:

4) 数据分析:分析后直接获得每张数码化的照片内的夹杂物数据

将照片进行适当的阴影校正,选择合适的能够将基体上的夹杂物突出出来的亮度和对比度,消除照相时灯光阳光等光源对试样照射角度偏差造成的单张相片内亮度不均,获得调整后的亮度均匀的黑白照片;调出软件中的颗粒物分析菜单进行夹杂物筛选,在照片中选择合适的灰度值区间后,能最清晰地将夹杂物在基体中凸显出来;调用软件中的分析选项,程序自动划分出夹杂物区域并高亮显示;同时程序自动获得夹杂物颗粒各种统计信息,计算出颗粒的最大最小直径、长径比、颗粒面积等信息;对比整体数据分析后获得整个被测面每块 $1280\mu\text{m}\times960\mu\text{m}$ 区域的夹杂物分布情况,客观的找到 $100\times$ 视场下夹杂物最为密集区域的位置,在该区域选择 $0.71\text{mm}\times0.71\text{mm}$ 的面积放大,可在该视场内准确地测量夹杂物数量和单个尺寸,对应参照国家标准可进行测量统计得到单个试样的夹杂物A法评级;

5) 连续拍照与多张照片数据分析:在选定合适面积待测面内激光显微镜可以进行平面扫描式连续拍照,将多张照片组合后同时进行阴影校正后,同样调用颗粒物分析菜单,获得整个试样表面大面积范围内的所有颗粒夹杂物尺寸统计信息,有效地快速分析试样内夹杂物的含量,通过已知的照片拍摄面积,则可计算获得单位面积内的各类夹杂物尺寸信息和大型颗粒物位置及形貌,对应参照国家标准可进行测量计算得到单个试样的各类夹杂物B法评级。

2. 根据权利要求1所述的激光显微镜下定量分析钢中夹杂物的方法,其特征在于,所述步骤1)和步骤2)之间还有一个镶嵌的步骤,所述镶嵌的步骤是当试样面积较小时才进行的,将试样被测面向下放入镶嵌机,加入树脂填料后加压保温10分钟后制成镶嵌好的待测试样块。

## 激光显微镜下定量分析钢中夹杂物的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于钢中杂质物定量分析方法技术领域,特别涉及一种激光显微镜下定量分析钢中夹杂物的方法。

### 背景技术

[0002] 钢铁中的有害夹杂物主要以单独的相存在于基体中,无论是具有延展性或非延展性的夹杂物均会对钢铁基体的连续性造成破坏,并在晶界处成为潜在的基体破坏源点,极大地影响钢的机械性能和热加工性能。为检测和分析钢铁中的夹杂物含量和分布,主要用金相检测法对抛光后的钢试样纵剖面进行观察,并参照中华人民共和国国家标准《GB/T10561-2005 钢中非金属夹杂物含量的测定标准评级图显微检测法》对待测试样的夹杂物含量情况进行检测评定。需要检测者在显微镜前浏览放大100倍后的整个被测钢样表面,对可能出现的各种夹杂物形态进行分析比对,针对各类夹杂物分别选取含量相对最多的一个 $0.5\text{mm}^2$ 的 $100\times$ 视场,测量其中的各类别夹杂物尺寸,按照国家标准对试样的夹杂物含量进行评级。在进行大量钢铁试样的夹杂物检测时,在保证检测质量的前提下,需要借助显微镜、配套电子设备及特定检测方法配合快速完成工作。

[0003] 在金相法对钢铁试样进行夹杂物评级时,需要检测人员对整个试样平面视场进行观察,参照国家标准《GB/T10561-2005》,A法评级在选取最差视场时需要进行主观判断,特别是在夹杂物密集区域进行评级选择检测视场时会出现误差;B法评级需要统计大量视场内部的夹杂物含量及尺寸信息,数据量较大,常规人工统计工作量很大。

### 发明内容

[0004] 本发明为解决公知技术中存在的技术问题而提供一种激光显微镜下定量分析钢中夹杂物的方法。

[0005] 本发明为解决公知技术中存在的技术问题所采取的技术方案是:

[0006] 1)取样:根据待测试样的形状及种类参照国家标准沿轴向剖开截取试样;

[0007] 2)抛光:将试样的待检测面在水磨砂纸上进行打磨平整后,在抛光机上进行抛光,使被测面成为干净的无划痕无磨痕的光滑平面;

[0008] 3)显微镜观察与成像:将表面干净的待测试样置于激光显微镜的载物台上,手动调节物镜的高度至适宜显微镜数码相机成像的位置,打开电脑上的显微镜拍照软件,首先采用光镜采集试样的表面图像,可以对待检测区域进行选择;然后切换到激光成像系统,激光扫描显微镜下物镜可以选择一定的成像区间;选择系统自带的多张照片拍摄功能,在确定待测面扫描面积后计算出适合待测试样的拍摄张数,可以获得整个待测面的连续多张 $100\times$ 黑白照片,直接利用显微镜成像软件里的附加功能,可获得待测视场整体扫描拍摄的拼合后的黑白照片;

[0009] 其特征在于,还分别包括如下步骤:

[0010] 4)数据分析:分析后直接获得每张数码化的照片内的夹杂物数据

[0011] 将照片进行适当的阴影矫正,选择合适的能够将基体上的夹杂物突出出来的亮度和对比度,消除照相时灯光阳光等光源对试样照射角度偏差造成的单张相片内亮度不均,获得调整后的亮度均匀的黑白照片;调出软件中的颗粒物分析菜单进行夹杂物筛选,在照片中选择合适的灰度值区间后,能最清晰地将夹杂物在基体中凸显出来;调用软件中的分析选项,程序自动划分出夹杂物区域并高亮显示;同时程序自动获得夹杂物颗粒各种统计信息,计算出颗粒的最大最小直径、长径比、颗粒面积等信息;对比整体数据分析后获得整个被测面每块  $1280 \mu\text{m} \times 960 \mu\text{m}$  区域的夹杂物分布情况,客观的找到  $100\times$  视场下夹杂物最为密集区域的位置,在该区域选择  $0.71\text{mm} \times 0.71\text{mm}$  的面积放大,可在该视场内准确地测量夹杂物数量和单个尺寸,对应参照国家标准可进行测量统计得到单个试样的夹杂物 A 法评级;

[0012] 5)连续拍照与多张照片数据分析:在选定合适面积待测面内激光显微镜可以进行平面扫描式连续拍照,将多张照片组合后同时进行阴影校正后,同样调用颗粒物分析菜单,获得整个试样表面大面积范围内的所有颗粒夹杂物尺寸统计信息,有效地快速分析试样内夹杂物的含量,通过已知的照片拍摄面积,则可计算获得单位面积内的各类夹杂物尺寸信息和大型颗粒物位置及形貌,对应参照国家标准可进行测量计算得到单个试样的各类夹杂物 B 法评级。

[0013] 本发明具有的优点和积极效果是:本发明使用激光显微镜及所带的附件,能够快速地扫描整个金相试样表面,能够忽略试样表面细微的起伏,所得图像准确地反应试样表面真实亮度及对比度,可分别采用单张以及多张整体拼合的方式获得检测面上不同面积的激光成像照片,经过软件阴影校正处理后消除光线在试样表面细微偏差,利用照片中夹杂物与钢铁试样表面的灰度差,快速全面地区分出夹杂物,通过对夹杂物尺寸、长径比和形状的筛选,获得整个待测面内不同类型夹杂物的各种尺寸数据及数量统计信息,并进一步参照国家标准快速地进行夹杂物评级和夹杂物统计分析。

## 附图说明

- [0014] 图 1 是实施例一 4 张照片拼合后的大幅黑白照片图;
- [0015] 图 2 是实施例一阴影校正步骤中能够将基体上的夹杂物突出出来的亮度图;
- [0016] 图 3 是实施例一阴影校正步骤获得调整后的亮度及对比度相对均匀的黑白照片图;
- [0017] 图 4 是实施例一步骤 7) 中程序自动划分出的夹杂物的区域并突出显示图;
- [0018] 图 5 是实施例一步骤 7) 中夹杂物颗粒各种可进行统计的信息项目图;
- [0019] 图 6 是实施例一步骤 7) 输出的 Excel 表格;
- [0020] 图 7 是本发明流程图。

## 具体实施方式

[0021] 为能进一步了解本发明的发明内容、特点及功效,兹例举以下实施例,并配合附图详细说明如下:

[0022] 一种激光显微镜下定量分析钢中夹杂物的方法,以分析直径  $15\text{mm}$  的高碳钢盘条中的夹杂物为例,该方法包括如下步骤:

[0023] 1. 取样 :根据待测试样的形状及种类参照国家标准截取试样,使试样表面面积达到国家标准要求,显微镜对待扫描面及形状没有特殊要求,在此截取 15mm 长的试样,沿轧制方向纵向剖开,剖面通过直径方向。

[0024] 2. 镶嵌 :将试样被测面向下放入镶嵌机,加入树脂填料后加压保温 10 分钟后制成镶嵌好的待测试样块。

[0025] 3. 抛光 :将试样的待测面在 400#、800# 和 1200# 水磨砂纸上依次进行打磨平整后,在抛光机上进行抛光,使待测面成为干净的无磨痕平面。

[0026] 4. 显微镜观察 :打开奥林巴斯 OLS3100 激光扫描共焦显微镜,将表面干净的试样待测面向上置于载物台上,手动调节物镜的高度至适宜显微镜数码相机成像的位置。打开电脑上的显微镜拍照软件 LEXT-OLS,首先切换到光镜成像系统采集试样的表面图像,选择放大 100 倍成像并对待检测区域进行初步选择;然后切换到相同放大倍数的激光成像系统,并为激光成像系统设定物镜高度区间供其自动选择成像。激光扫描显微镜下物镜可以选择一定的成像区间,因此对于试样表面有一定斜度或有一定不平整现象时,激光成像系统自动调节合适的物镜高度和焦距,多次扫描后优化选择得到适合后期处理的清晰照片,有效地避免成像不清晰的问题。

[0027] 5. 拍照 :调用系统自带的多张照片连续拍照功能 (Stage control and scan),选择适合待测试样的拍摄张数,例如 4 张,设定好拍摄起始坐标与拍摄顺序后进行拍照,可以得到 4 张成  $2 \times 2$  矩阵排列的  $100 \times$  照片,单张照片对应试样上  $1280 \mu\text{m} \times 960 \mu\text{m}$  的待测面;拍摄后可直接利用软件里的照片拼接功能 (Tiling),获得 4 张照片拼合后的大幅黑白照片(图 1)。

[0028] 6. 阴影校正 :以拼合后的大幅单张照片为例,首先调用显微镜附带 analySIS 分析软件中阴影校正设定功能 (define shading correction),选择合适的能够将基体上的夹杂物突出出来的亮度,例如 135 (图 2),消除照相时灯光阳光等光源对试样照射角度偏差造成的单张相片内亮度不均,进行阴影校正 (shading correction) 后,获得调整后的亮度及对比度相对均匀的黑白照片(图 3)。

[0029] 7. 夹杂物判定与分析 :调出颗粒物分析菜单 (detecting particles),在灰度柱状图中设定合适的灰度阈值 (setting thresholds),可以最大程度地将夹杂物在基体中凸显出来;选择好灰度值(例如选择 0~93)可以得到程序自动划分出的夹杂物的区域并高亮突出显示 (defining classification) (图 4);调用软件中的分析选项 (defining detection),选择希望得到的夹杂物颗粒各种统计信息,包括夹杂物的最大最小直径、长径比、颗粒面积和夹杂物颗粒数量等信息(图 5);由此,可以获得单张照片上所有的夹杂物的信息,并输出 Excel 表格 (表 1),每张表格中都附有颗粒所在照片号,能够在整体统计后对各个颗粒物溯源找到对应照片,并可以在待测钢样上找到对应位置。已知 4 张照片反映的是  $2.58\text{mm} \times 1.92\text{mm}$  面积下试样的夹杂物含量,除以面积后直接获得单位面积上的各类夹杂物含量,参照国家标准评价得到该试样的夹杂物 B 法评级。

[0030] 对比整体数据分析后获得整个被测面每块  $1280 \mu\text{m} \times 960 \mu\text{m}$  区域的夹杂物分布情况,在拼合后的单张照片中客观的找到  $100 \times$  视场下夹杂物最为密集区域的位置。在该区域选择某一  $0.71\text{mm} \times 0.71\text{mm}$  的区域进行放大,并使该区域尽可能包括最多的夹杂物颗粒,准确地测量后获得该  $0.5\text{mm}^2$  待测面内夹杂物数量和单个尺寸数值,对应参照国家标准

评价得到该试样的夹杂物 A 类评级。

[0031] 本发明使用激光显微镜及所带的附件，能够快速地扫描整个金相试样表面，能够忽略试样表面细微的起伏，所得图像准确地反应试样表面真实亮度及对比度，可分别采用单张以及多张连续拍照的方式获得检测面内不同面积的激光成像照片，经过软件阴影校正处理后消除光线在试样表面细微偏差，利用照片中夹杂物与钢铁试样表面的灰度差，快速全面地区分出夹杂物，通过对夹杂物尺寸、长径比和形状的筛选，获得整个待测面内不同类型夹杂物的统计信息，并进一步参照国家标准快速地进行夹杂物评级以及夹杂物综合信息统计分析。

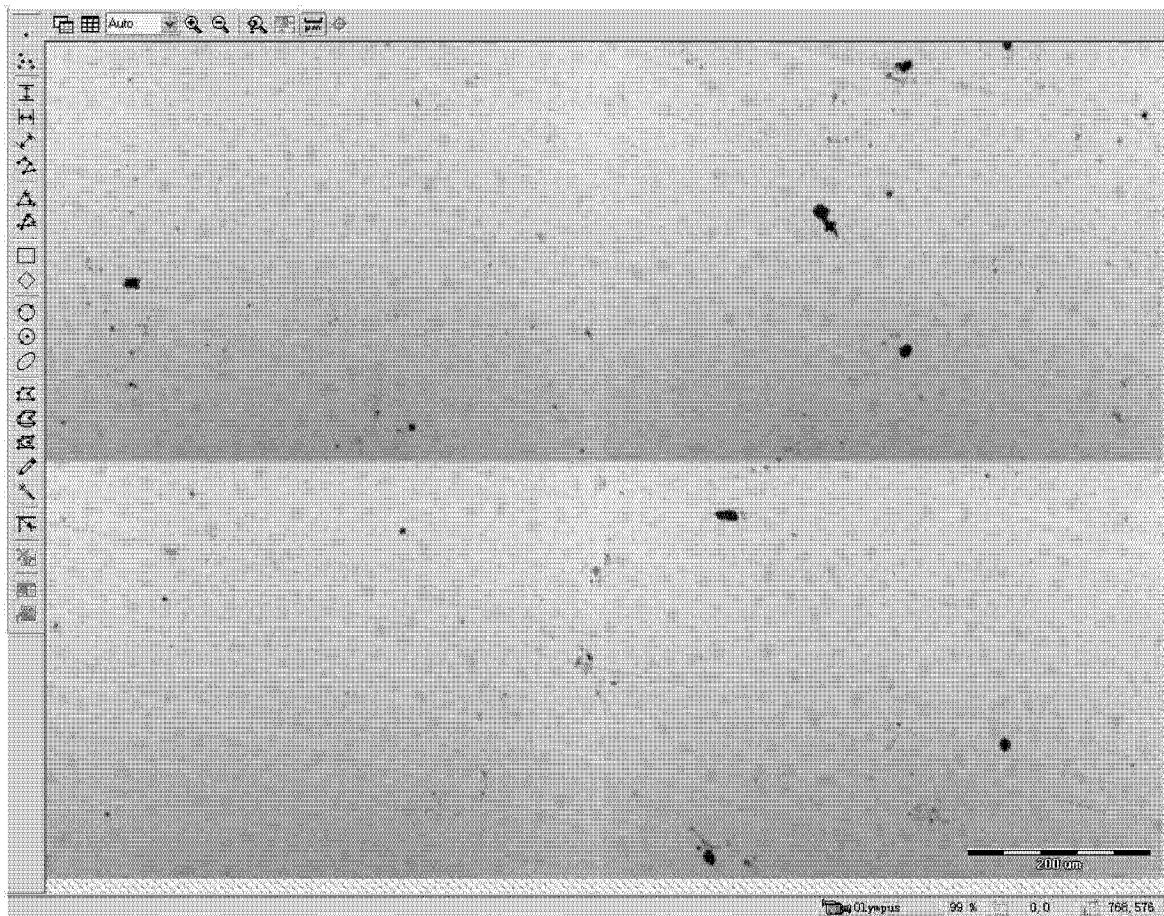


图 1

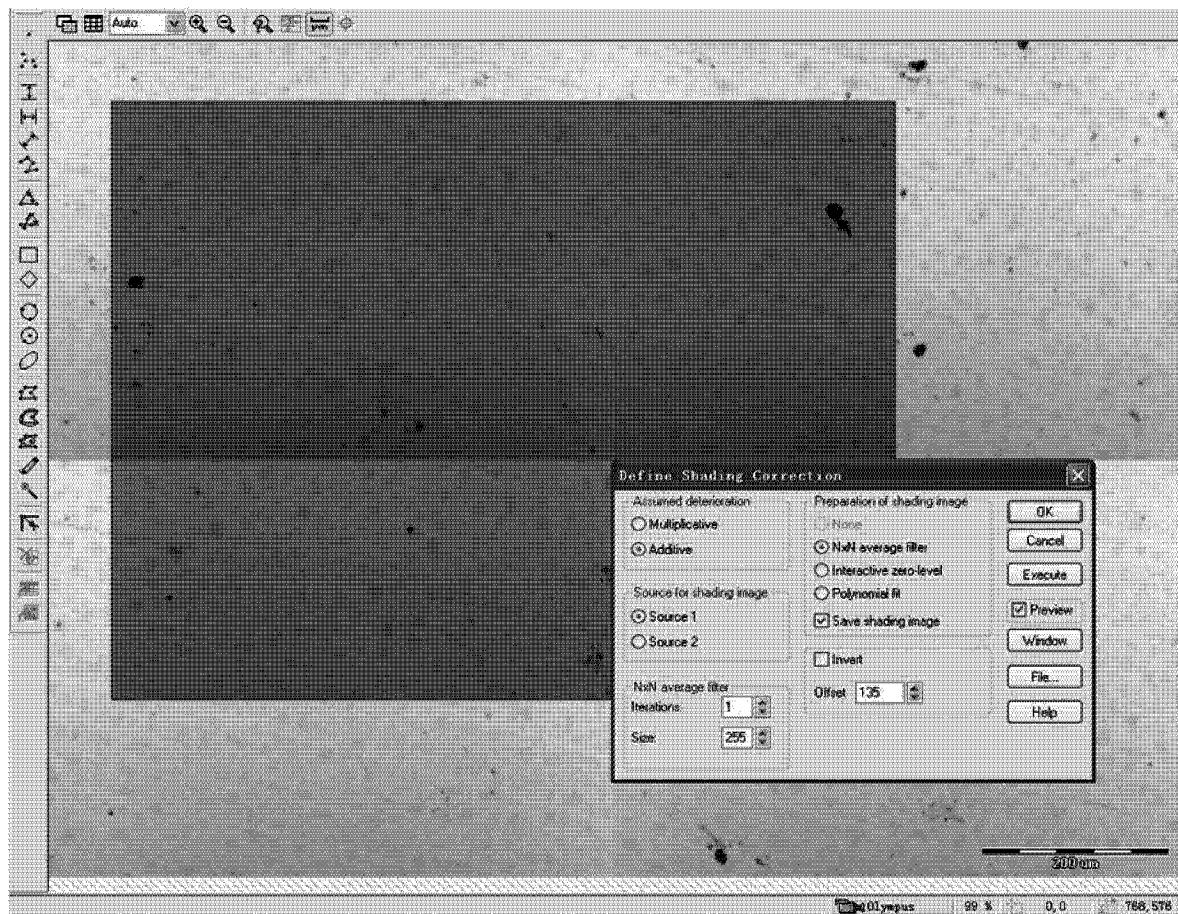


图 2

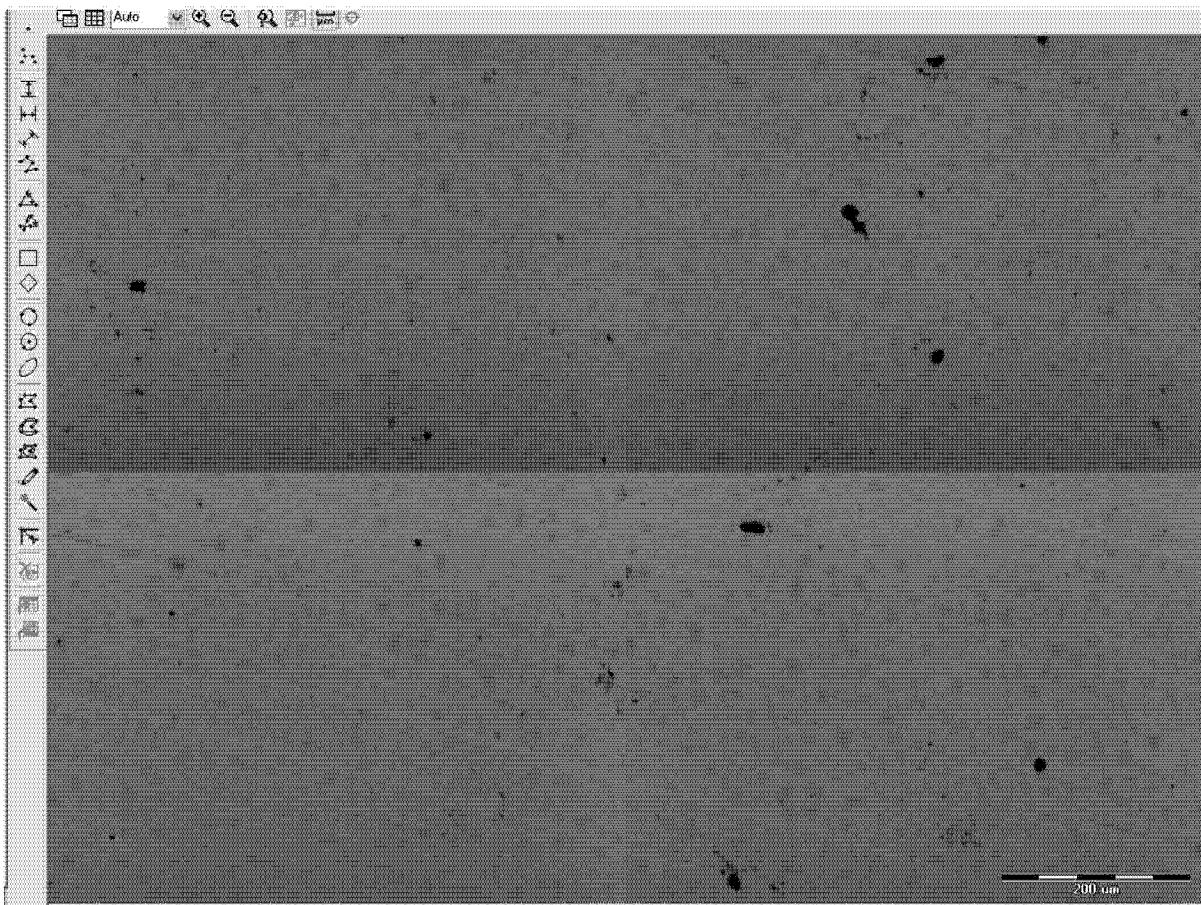


图 3

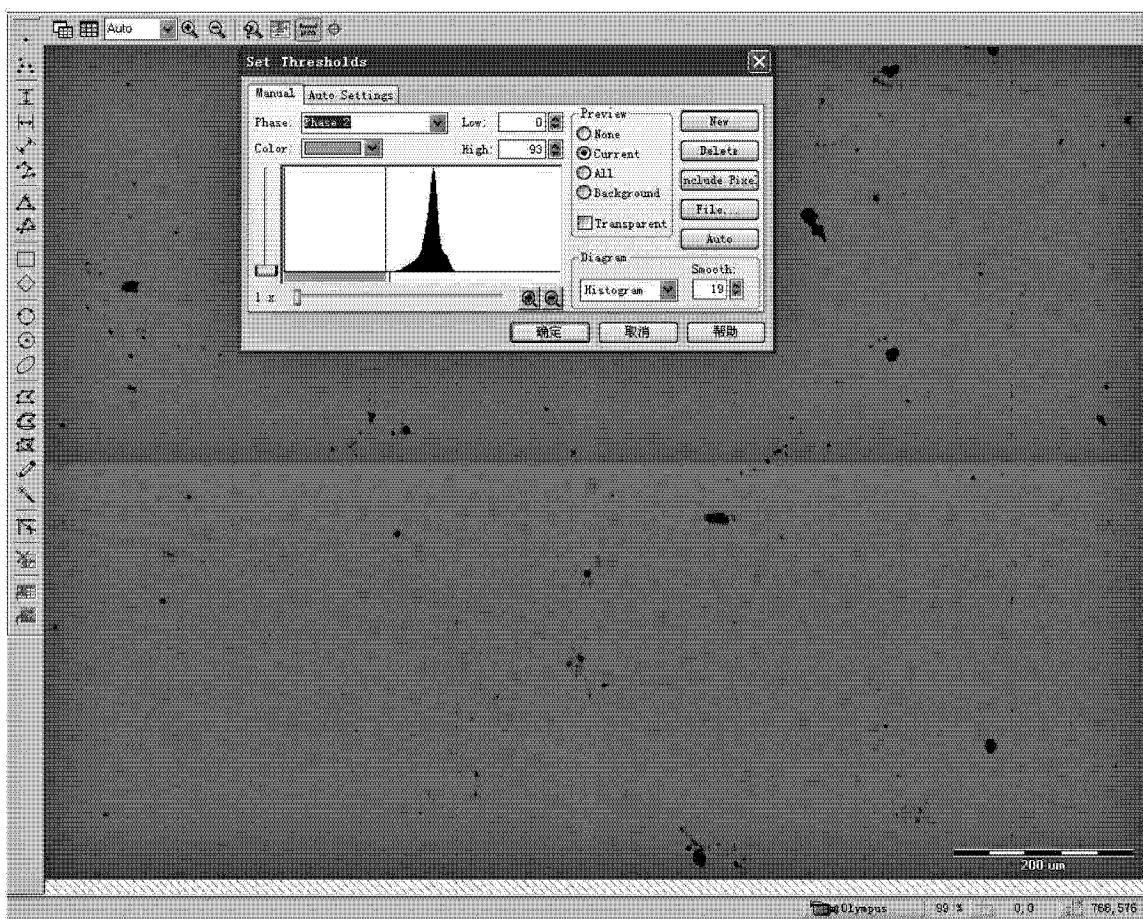


图 4

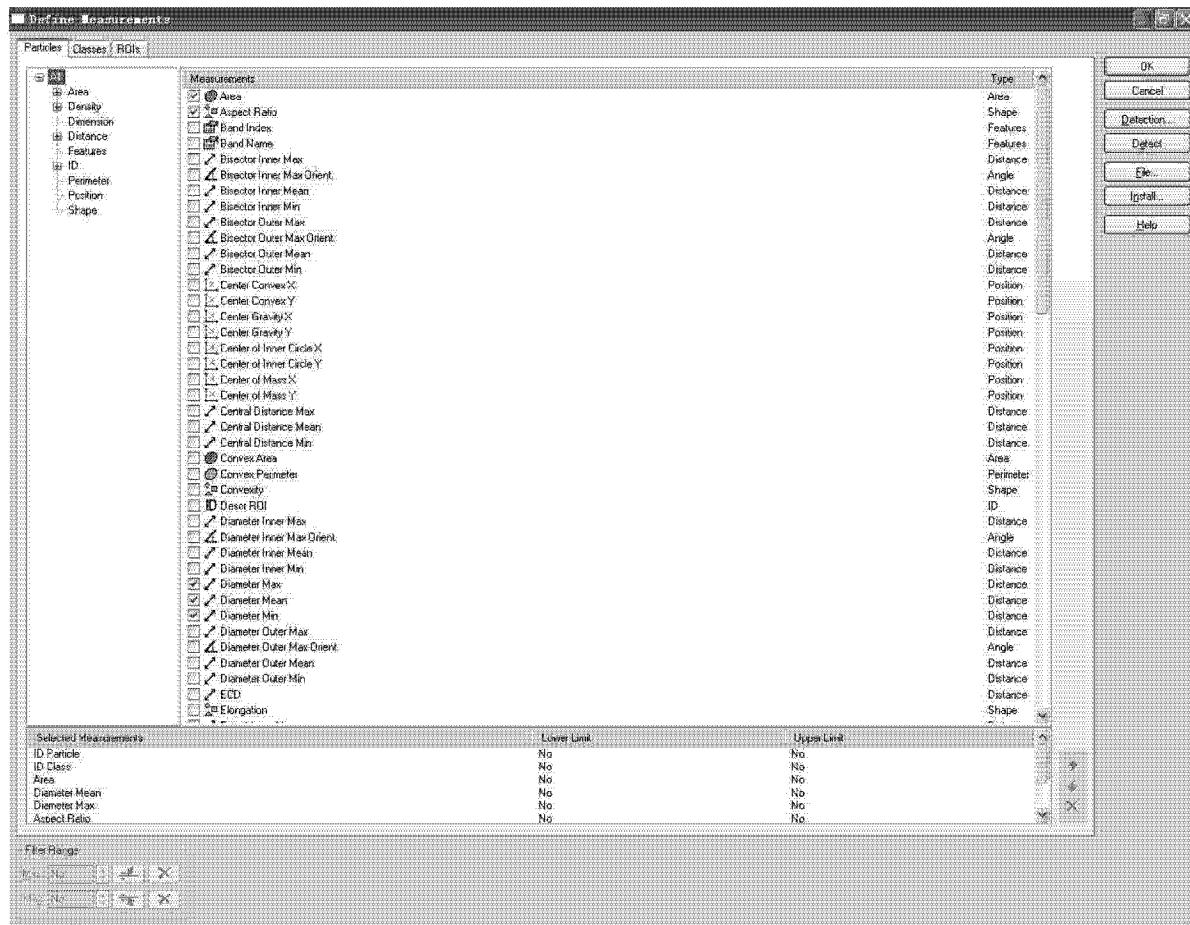


图 5

ID	Particle	Area	$\mu$	Diameter	Mean	Diameter Max	$\mu$	Aspect	Diameter Min	$\mu$	Image Name
1		1.43		1.69	1.69	1.69	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
2		7.13		3.58	3.78	3.78	6.23	2.00	2.24		312476_05a_ch1
3		2.85		1.93	2.67	2.67	2.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
4		86.97		11.66	12.69	12.69	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
5		1.43		1.69	1.69	1.69	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
6		5.70		2.88	3.38	3.38	2.00	1.00	1.00		312476_05a_ch1
7		189.62		17.70	20.44	20.44	2.00	1.00	1.00		312476_05a_ch1
8		11.41		4.11	5.07	5.07	1.00	2.00	2.00		312476_05a_ch1
9		1.43		1.69	1.69	1.69	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
10		28.51		6.46	6.96	6.96	2.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
11		2.85		1.93	2.67	2.67	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
12		2.85		1.93	2.67	2.67	2.00	1.00	1.00		312476_05a_ch1
13		9.98		3.72	4.31	4.31	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
14		11.41		4.79	6.43	6.43	4.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
15		1.43		1.69	1.69	1.69	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
16		18.53		5.82	6.43	6.43	3.00	2.00	2.24		312476_05a_ch1
17		15.68		6.82	8.01	8.01	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
18		1.43		1.69	1.69	1.69	2.00	1.00	1.00		312476_05a_ch1
19		42.77		8.34	8.69	8.69	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
20		12.83		5.88	6.43	6.43	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
21		9.98		3.91	5.07	5.07	2.00	1.00	2.24		312476_05a_ch1
22		8.55		3.94	4.31	4.31	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
23		2.85		2.66	2.67	2.67	1.00	1.00	2.00		312476_05a_ch1
24		8.55		3.53	4.31	4.31	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
25		1.43		1.69	1.69	1.69	3.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
26		1.43		1.69	1.69	1.69	1.50	1.00	1.41		312476_05a_ch1
27		4.28		2.65	3.38	3.38	2.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
28		4.28		2.53	2.67	2.67	2.00	1.00	2.00		312476_05a_ch1
29		35.64		7.04	8.01	8.01	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
30		426.29		36.72	43.05	43.05	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
31		4.28		2.65	3.38	3.38	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
32		5.70		2.88	3.38	3.38	1.00	1.00	2.00		312476_05a_ch1
33		7.13		3.91	5.07	5.07	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
34		8.55		3.53	4.31	4.31	1.00	1.00	2.00		312476_05a_ch1
35		1.43		1.69	1.69	1.69	1.33	1.00	1.00		312476_05a_ch1
36		1.43		1.69	7.62	7.62	2.27	1.00	1.69		312476_05a_ch1
37		4.28		2.53	2.67	2.67	3.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
38		1.43		1.69	1.69	1.69	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
39		4.28		2.53	2.67	2.67	1.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
40		11.41		3.88	4.92	4.92	8.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
41		182.49		17.56	19.69	19.69	2.00	1.00	1.00		312476_05a_ch1
42		4.28		2.66	3.38	3.38	1.33	1.00	2.00		312476_05a_ch1
43		7.13		3.18	4.31	4.31	8.00	1.00	1.41		312476_05a_ch1
44		9.98		3.72	4.31	4.31	1.25	1.00	2.24		312476_05a_ch1

图 6

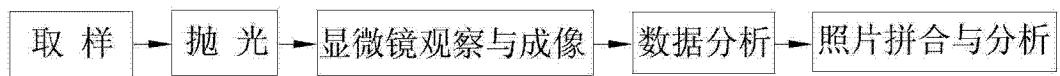


图 7