



# 分析钢材中的非金属夹杂物

## 什么是非金属夹杂物？

非金属夹杂物是在制造过程中嵌入到钢材中的化合物材料。夹杂物的化学来源各有不同，并会使钢材呈现出不同的机械属性，如：可成形性、强韧性、机械加工性和耐腐蚀性。一般来说，夹杂物越少，或夹杂严重程度越低，钢材的质量就越高。因此，分析和记录钢材中非金属夹杂物的情况是控制钢材质量的重要环节。

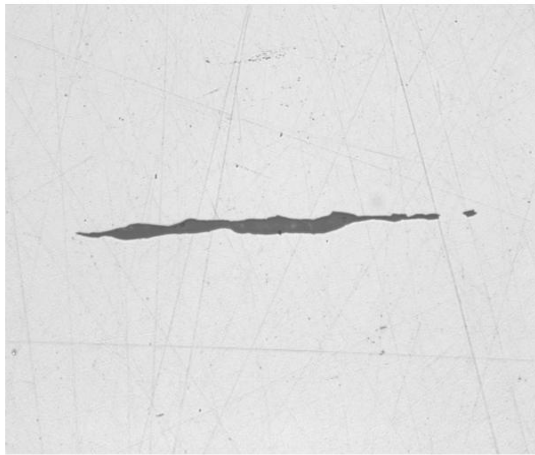
## 分析钢中非金属夹杂物的国际标准

分析钢中非金属夹杂物的一些常用国际标准包括ISO 4967（全球）、DIN 50602（德国）、SEP 1571（德国）、EN 10247（欧洲）、JIS G 0555（日本）、GB/T 10561（中国）和UNI 3244（意大利）。在北美和南美，ASTM E45是分析钢中非金属夹杂物的主要标准。质量控制实验室继续使用ASTM图表比较方法来分析夹杂物。使用这种方法时，操作人员将光学显微镜下的实时图像与通常张贴在显微镜附近墙壁上的显微图像进行比较，对夹杂物的类型和严重程度进行目测。

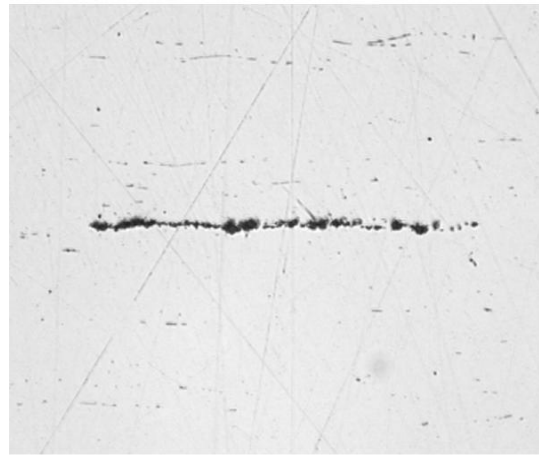
在数字成像出现之前，ASTM E45标准规定的放大倍率标准是使用复合显微镜在100倍总放大倍率（10倍物镜和10倍目镜）下进行夹杂物评级。不过，为了适应数字图像分析日益增长的趋势，对该标准进行了更新，规定使用10X物镜时，分辨率必须达到1.0 μm/像素或更好。数字图像分析因其卓越的准确性和可重复性而成为目前的首选方法，有助于降低人眼带来的主观性风险。此外，分析结果的记录已被无缝集成到工作流程中。

## 分析钢材样品中非金属夹杂物的检测方法

在正确制备了样品后，可以使用复合显微镜（正立或倒置型号）直接观察特定钢材样品表面的非金属夹杂物；该显微镜可以产生反射光和明场条件。由于夹杂物与样品之间的对比度很高，可以很容易地观察并分析夹杂物：在钢材明亮、高反光的背景中，夹杂物呈现为暗色。不同夹杂物类型（即球状氧化物和硅酸盐）的形态参数不同，它们的灰度值（即氧化铝和硫化物）也不同。



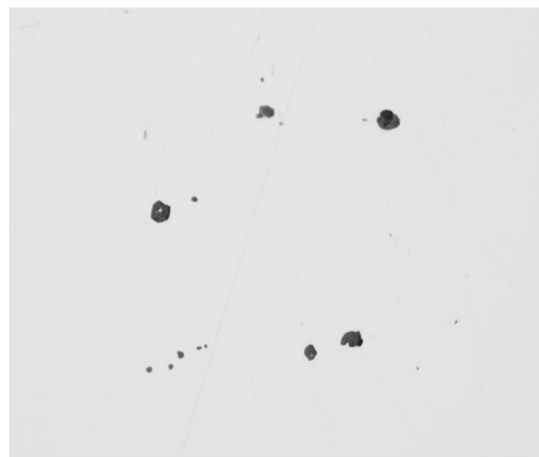
A) Sulfide



B) Alumina



C) Silicate



D) Globular Oxide

得益于现代图像分析软件的不断发展，任何用户都可以立即开始使用完全集成的数字解决方案，对钢材中的非金属夹杂物进行评级，以满足实验室环境的特殊要求。金相显微镜的材料科学软件在设计时考虑到了ASTM E45（以及其他国际标准），使各种技能水平的用户都能准确、重复地评定钢中的夹杂物，而且只需少量培训。

## 分析钢中非金属夹杂物的推荐设备

通过数字图像分析法分析钢中非金属夹杂物的典型设备配置包括以下组件：

### 1. 倒置金相显微镜

倒置显微镜通常比正立显微镜更受欢迎，因为可以将平整抛光的样品平放在机械载物台上。这样在用户移动载物台时有助于样品始终处于对焦状态。

### 2. 冶金专用图像分析软件

由于钢中的非金属夹杂物具有固有的高对比度以及独特的形态参数，因此可以使用图像分析软件对其进行准确、重复和轻松的检测。用于材料科学应用的图像分析软件通常提供可选的附加模块，可使用户获得符合ASTM E45以及各种其他国际标准的结果。



典型设备配置：倒置金相显微镜、10X金相物镜，以及1个高分辨率显微镜相机

### 3. 10X金相物镜

这是评定非金属夹杂物所需的物镜放大倍数。

### 4. CCD或CMOS数码显微镜相机

在选择相机进行夹杂物评级时，最需要考虑的规格是像素大小。根据ASTM E45标准，校准后的数字像素大小

必须达到1.0  $\mu\text{m}$ /像素或更好。例如，在使用10X物镜和0.63X相机适配器时，需要一台未校准的实际像素尺寸为6.3  $\mu\text{m}$ 或更精细的数码相机。

校准数字分辨率 = (实际像素大小)  $\div$  (物镜放大倍率)  $\div$  (相机适配器放大倍率)

校准的数码分辨率 = (6.3  $\mu\text{m}$ )  $\div$  (10)  $\div$  (0.63)

校准的数码分辨率 = 1  $\mu\text{m}$ /像素

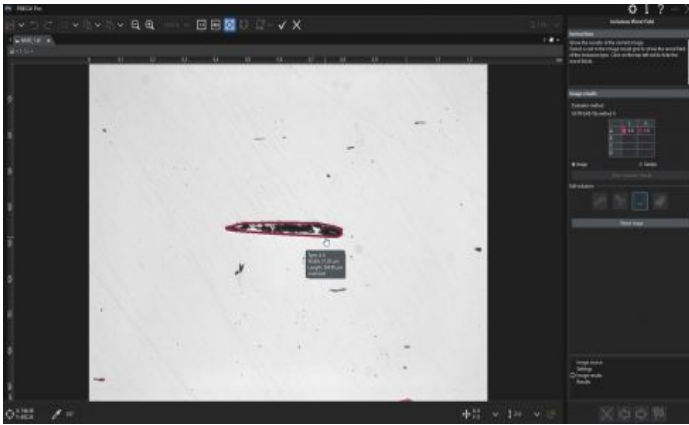
建议使用编码手动或电动物镜转盘。所选的图像分析软件应该能够随时自动读取物镜的放大倍率。这有助于确保高水平的测量精度，因为自动识别有助于消除在软件中手动输入错误镜头放大倍率的风险。

需要使用一个手动或电动的XY扫描载物台操控样品，并定位感兴趣区域以进行观察和分析。不过，由于ASTM E45标准规定要进行分析必须至少扫描160平方毫米的区域，因此我们建议用户使用一个电动载物台，这样就可以对载物台进行配置，以使扫描区域的面积达到标准的要求。

用户所选择的PC机必须满足相机和图像分析软件所需的最低系统要求。还需要一个高分辨率显示屏。

## 分析钢中非金属夹杂物的程序

1. 选择10X物镜。在反射光和明场条件下，移动XY载物台上样品，观察含有待分析的夹杂物的感兴趣区域。另外，如果您使用的是电动载物台，则需对软件进行编程，使载物台能够扫描所需的感兴趣区域（ASTM E45要求至少为160平方毫米）。
2. 通过图像分析软件捕获数字图像。
3. 在夹杂物评级软件中，设置灰度阈值，分别定义所有夹杂物，并区分氧化物和硫化物。这样，图像分析软件就能区分这两种类型。
4. 软件会分析图像，并评估夹杂物是否符合所选标准的要求。



5. 基于用户预定义的模板，软件自动生成报告，其中包含分析结果、支持性夹杂物图像和相关数据。

## 简化非金属夹杂物分析的其他方法

由于钢中的非金属夹杂物与其金属背景之间固有的高对比度，可以通过材料科学应用所用的现代图像分析软件，对非金属夹杂物进行准确、重复的评级。许多软件包的设计符合ASTM E45和各种国际标准，而且应用起来都非常轻松。除了非金属夹杂物分析之外，许多软件程序还提供方便的连接、报告和数据分析功能，以节省时间。具有自动生成报告、数据归档和共享，以及快速搜索图像和相关数据功能的软件，可以提高团队的工作效率。在考虑非金属夹杂物评级解决方案时，直接与经验丰富的显微镜制造商合作非常重要，因为他们可以在从设备选择到全面部署的每一个步骤中为您提供帮助。

## 参考信息

Carmo Pellicciari, 工程学博士, 冶金顾问

美国材料与试验协会 (ASTM) E45-11标准

ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

## 相关产品



### MPLFLN-BD

MPLFLN半复消色差物镜在较长的工作距离和超高的数值孔径之间实现平衡的明/暗视野专用物镜，是性价比高的物镜。可供选择5x-150x倍率。

学习更多内容 ▶ <https://www.olympus-ims.com/microscope/mplfln-bd/>



### GX53

GX53倒置显微镜具有极高的图像清晰度和高倍分辨率。该显微镜的模块化设计拥有包含编码物镜转换器和软件在内的附件，可以更方便地进行定制，以满足您的要求。

学习更多内容 ▶ <https://www.olympus-ims.com/microscope/gx53/>



### PRECiV

简单易用的 PRECiV™ 软件使您能够控制您的工业显微镜，以便在生产、质量控制和检验操作中进行重复的 2D 测量。

学习更多内容 ▶ <https://www.olympus-ims.com/microscope/preciv/>