

# X射线分析显微镜用于金属颗粒物分析

## 介绍

对微小颗粒的定义对于法医科学（如玻璃颗粒、油漆碎片、枪击残留物）；环境科学（如土壤、大气颗粒物、宇宙粉尘）；地质（如岩石颗粒）和发动机（发动机磨损）都是非常重要的课题。

台式的 X 射线分析显微镜由于其快速、无损分析及超高的空间分辨率（ $10\mu\text{m}$ ）等特点使其成为此类实验的理想分析手段。通过定性和定量分析，可以迅速鉴别元素或是在 ppm/百分含量级提供组成信息。

## 金属颗粒物分析

X 射线分析显微镜在发动机磨损的研究上有着很好的应用。根据喷气发动机的正常使用经验，发动机的各个部分（如齿轮盒、轴承）会不断磨损而使微小的金属碎片进入润滑油槽。这些碎片会被内置磁组收集并用于分析。因为不同的发动机组件使用不同的金属和合金，通过分析金属碎片的元素组成可以推断其来源。可以为维护工程师提供关于发动机总体状况的重要信息。

同样的分析手段，因其可快速获得金属微粒详尽的成分信息而在很多制造厂家失效分析实验室得到使用。

## 分析步骤

XGT-5000 提供了高强度的、直径为  $100\mu\text{m}$  和  $10\mu\text{m}$  的 X 射线束斑。颗粒物样品可以放置在或是用双面胶（对元素分析无干扰）固定在样品台上。低倍和高倍放大 CCD 相机用于获得清晰的颗粒物光学图像，仅需要指定需分析的颗粒物（见图 1）。

另外，仪器也可以自动地扫描一个区域，采集元素面分布图，一次分析获得大量的颗粒物信息；以便迅速地查找定位感兴趣的颗粒物，若需要，还可以对其进行再次分析。数据采集结束后，可以使用内置的谱库检索功能，将新谱图与已有的谱图数据比对，以迅速鉴别。



图 1 金属颗粒物的高分辨率光学图像。  
红色矩形的区域为  $100\mu\text{m}$  分析位置。

## 结果

本次实验中，使用滤膜获得金属颗粒物，使用 XGT-5000 分析。

图 2 为低放大倍率的光学图像，面积为 10cm x 10cm，可见的颗粒物约有数百个，从几十微米到几毫米。还有一些化合物元素图像，说明这些颗粒物的主要成分是铁，还有一定量的铜或铝。我们选择了其中的四个颗粒，作进一步的分析（绿色显示）。

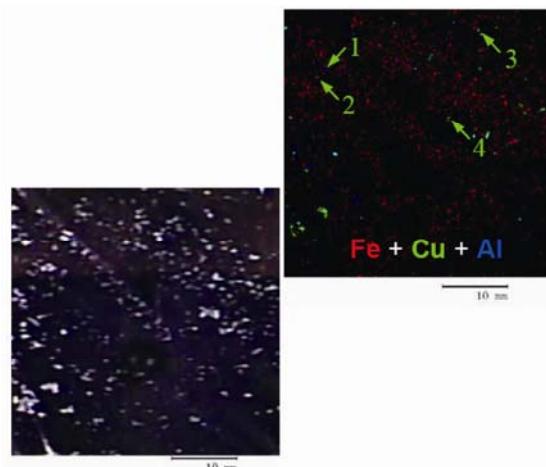


图 2 光学图像（左）元素图像（右）金属微粒

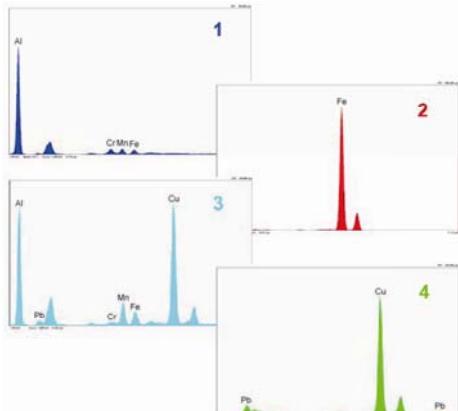


图 3 图 2 中标注颗粒物的 EDXRF 光谱

这四个有代表性的点的测量谱图见图 3。颗粒 1 和 3 的主要成分是铝，定量分析表明它们是高纯度的铝 (>99%) 和铜铝合金(还有低含量的其他金属元素，如铅)。颗粒 2 是钢，包括 99.9% 的铁和痕量的铬和锰。颗粒 4 分析表明是锡青铜 (铜-铅-锡合金)，光谱显示主要成分是铜(>80%)，还有铅和锡。

最后，使用 XGT-5000 10μm X 射线束斑对样品再次扫描，以获得更好颗粒物形貌及其他方面的信息。

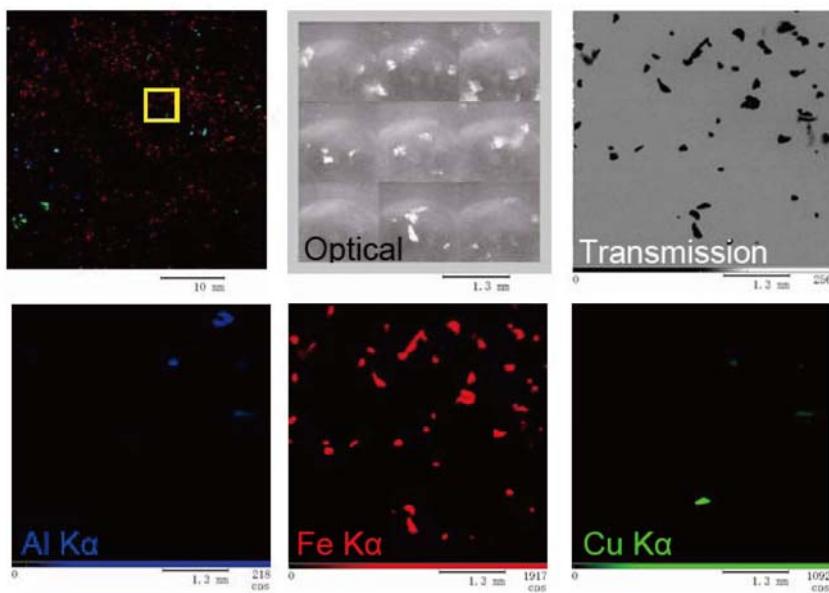


图 4 光学图像和 10μm X 射线束斑获得的元素分布图。扫描区域为左上图中的黄色区域。



## 小结

在很多不同的领域均要求迅速地分析微小颗粒物。如上文所述，配备有  $10\mu\text{m}$  及其他尺寸束斑的 X 射线分析显微镜非常适用于此类分析。另外，自动 XY 轴扫描使得使用者一次性获得大量的颗粒物信息，并迅速找到感兴趣的区域。**EDXRF** 的定量分析功能可判别不同的金属和合金。