

# 激光扫描共焦显微镜 在钢铁冶金行业中的应用

宋敏华

OLYMPUS激光扫描共焦显微镜材料检测实验室

[songminhua@cis88.com.cn](mailto:songminhua@cis88.com.cn), [sh@cis88.com.cn](mailto:sh@cis88.com.cn)

**摘要：**本文主要介绍激光扫描共焦显微镜的功能、特点，简要介绍激光扫描共焦显微镜在钢铁冶金行业中的应用。

**关键词：**激光扫描共焦显微镜，钢铁冶金行业，应用。

## THE APPLICATION OF CONFOCAL LASER SCANNING MICROSCOPY

**Song Min-hua**

Testing & Analysis Lab Of Material , OLYMPUS Confocal Laser  
Scanning Microscope

[songminhua@cis88.com.cn](mailto:songminhua@cis88.com.cn), [sh@cis88.com.cn](mailto:sh@cis88.com.cn)

**Abstract :** This paper introduces functions and characteristic of confocal laser scanning microscope, and also the brief introduction applications of confocal laser scanning microscope calling of ferrous metallurgy.

**Key words:** Confocal laser scanning microscope; Calling of ferrous metallurgy; Application.

金相技术作为材料研究和检验手段，要追溯到索拜（Sorby）1860年开始运用光学显微镜研究金属内部组织并于1864年在历史上最早发表金属显微组织的论文。此后，光学显微镜逐渐成为研究和检验金属材料组织的有效手段。

目前，光学显微镜作为一种微观形态学工具，在工业测试方面的应用，我们比较熟悉的主要有单独作为形态学工具，进行材料组织分析和外观缺陷检查，如金相显微镜和立体显微镜；与光栅量测结合，进行部件的精密尺寸测量，如工具显微镜，测量显微镜。

但光学显微镜的局限在于，它是一种二维的形态学工具，其极限有效分辨率是 $0.35\ \mu\text{m}$ ，而且分辨率下的景深在 $1\ \mu\text{m}$ 以下。因此如果要在高倍率下观察部件表面的三维形态，特别是纵向方向的形态，通常需要使用电子显微镜（SEM）或激光扫

描共焦显微镜。

SEM 具有放大倍率高，焦深大的特点，是非常成熟有效的标准工具。

激光扫描共焦显微镜的发展在国外是从 80 年代末期开始的，目前在日本，已经是一种被广泛采用的技术，具有更高的分辨率和放大倍率，既用来观察样品表面亚微米程度 ( $0.2 \mu\text{m}$ ) 的三维形态和形貌，又可以测量多种微小的尺寸，诸如体积、面积、晶粒、膜厚、深度、长宽、线粗糙度、面粗糙度等等。

激光扫描共焦显微镜既具备常规显微镜的功能，有多种观察方法 BF、DF、DIC，又能获得样品表面的三维真实形态（近似 SEM 扫描电镜的 Morphologic 图像）及具有多种测量功能。并且使用方便，与一般光学显微镜相似，且全部采用计算机直观控制；基本无须制样，不损伤样品，不需要做导电处理，也容许大尺寸样品直接观察，完全不破坏样品；几十秒到一两分钟即完成全部的扫描，成像，测量采样工作。

因此，作为一种新的检测仪器，也是 SEM 的一种补充，激光扫描共焦显微镜越来越受到重视。

激光扫描共焦显微镜已在 MEMS、半导体/LCD、精密机械部件，电子器件、摩擦学、腐蚀等表面工程、材料科学、高精密 PCB 制造化学薄膜（高分子等）厚度测量、膜表面粗糙度测量等领域广泛应用。

下面以日本 OLYMPUS 最新产品 LEXT OLS3000 型为例，主要介绍激光扫描共焦显微镜在钢铁冶金行业中的应用。

激光扫描共焦显微镜用于低碳钢的组织分析及缺陷检查。如低碳钢的钢棒中心带状偏析及夹杂物分析，如图 1（图 1a 为 ob10 下带状组织，图 1b 为 ob100 下带状组织，图 1c 为 ob50 DIC 下带状组织形貌，图 1d 为 ob100 下硫化物形貌）。



图 1a: ob10 下带状组织



图 1b: ob100 下带状组织

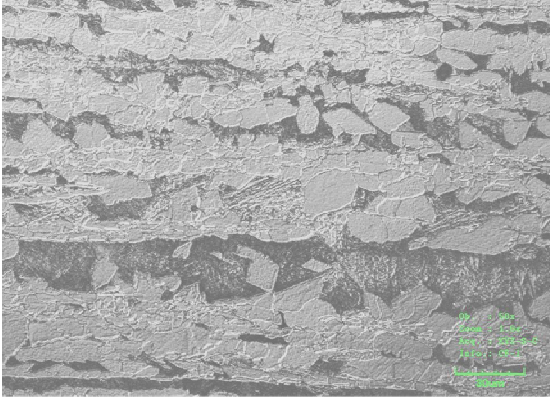


图 1c: ob50 DIC 下带状组织形貌

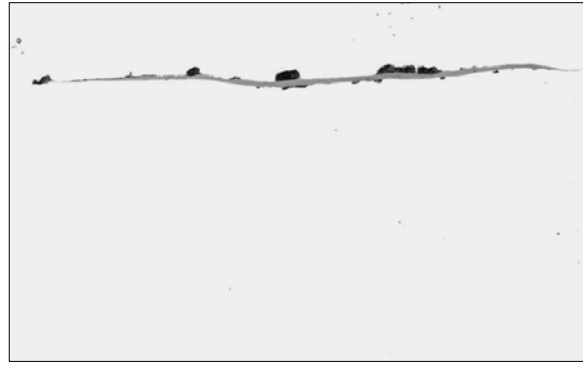


图 1d: ob100 下硫化物形貌

图 1: 低碳钢钢棒中心带状偏析及夹杂物分析

激光扫描共焦显微镜用于轴承钢显微组织分析。如 GCr15 轴承钢高倍下显微组织，如图 2（图 2a 为 Ob100x zoom2 下显微组织形貌，图 2b 为 Ob100x zoom3 下显微组织形貌）。

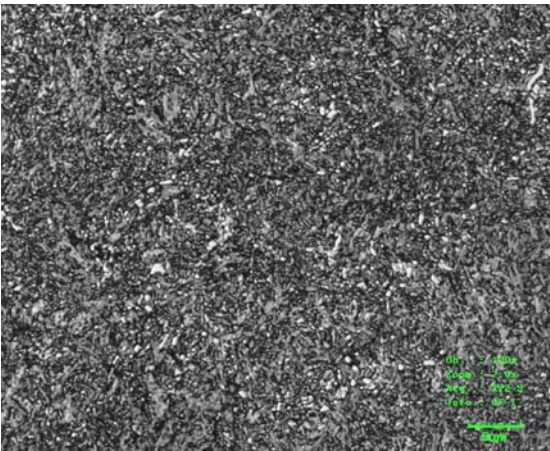


图 2a: Ob100x zoom2 下显微组织形貌

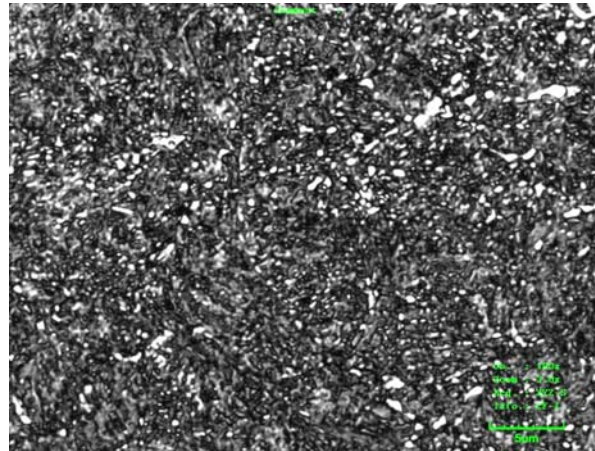


图 2b: Ob100x zoom3 下显微组织形貌

图 2: GCr15 轴承钢高倍下显微组织

激光扫描共焦显微镜用断口分析。如钢样韧性及脆性断口分析，如图 3（图 3a 为韧性断口形貌，图 3b 为脆性断口形貌）

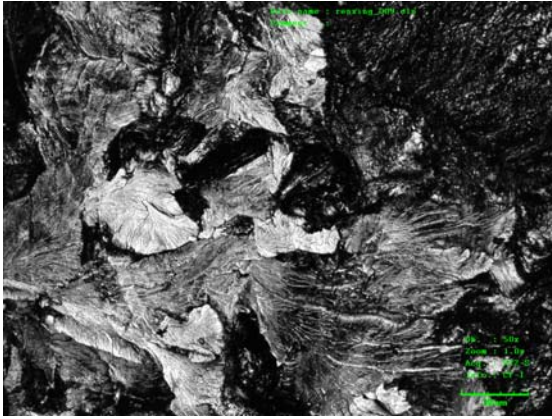


图 3a: 韧性断口形貌,

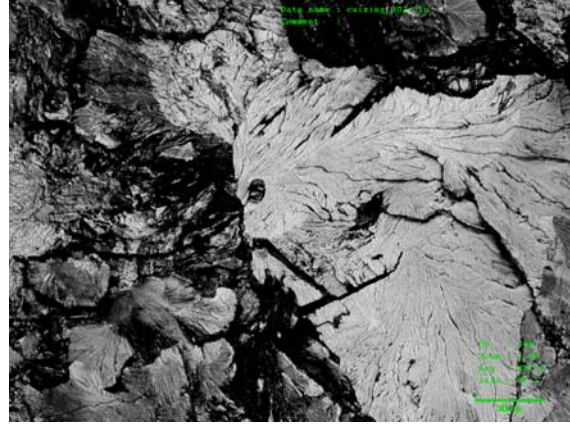


图 3b: 脆性断口形貌

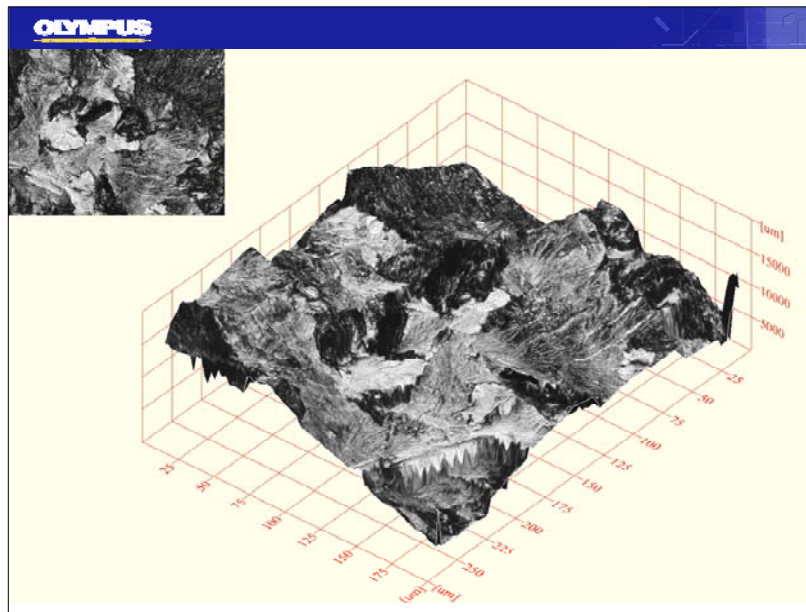


图 3c 为断口三维形貌

图 3: 断口形貌分析

激光扫描共焦显微镜用于冶金辅材的显微组织及形貌分析与测量。如冶金高炉塔垢显微形貌分析，如图 4；冶金烧结矿显微组织分析，如图 5；高倍 LEXT ols300 ob100x3 下冷却泥显微组织分析，如图 6；高倍 LEXT ols300 ob100x4 下石灰显微组织分析，如图 7；高倍 LEXT ols300 ob100x3 下钾矿石显微形貌分析，如图 8；高倍 LEXT ols300 ob100x2 下磷矿石显微形貌分析，如图 9；低倍 ob10 及高倍 ob100x 下石膏显微形貌分析，如图 10（图 10a 为 ob10 下石膏形貌-灰度信息图，图 10b 为 ob10 下石膏形貌-高度信息图，图 10c 为 ob10 石膏三维形貌，图 10d 为 ob100 下石膏形貌）；保护渣渣皮形貌及渣皮厚度测量，如图 11（图 11a 为 ob100 下保护渣渣皮形貌，图 11b 为 ob5 下保护渣渣皮厚度测量）。

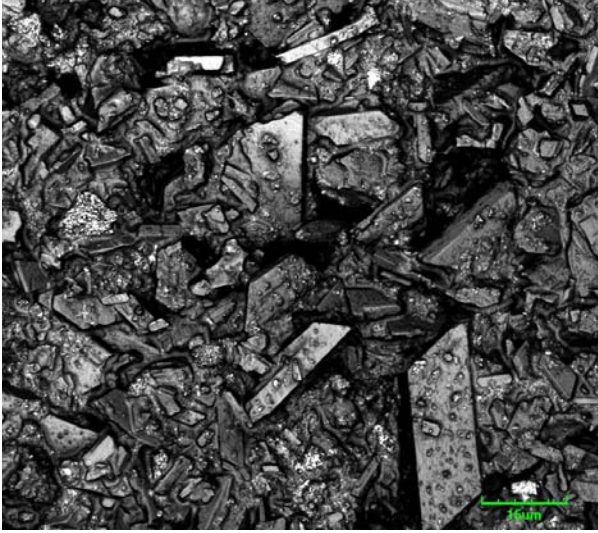


图 4: ob100 下冶金高炉塔垢显微形貌

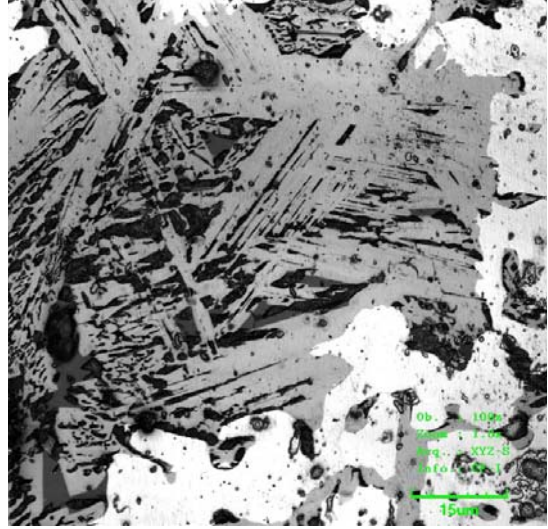


图 5: ob100 下冶金烧结矿显微组织

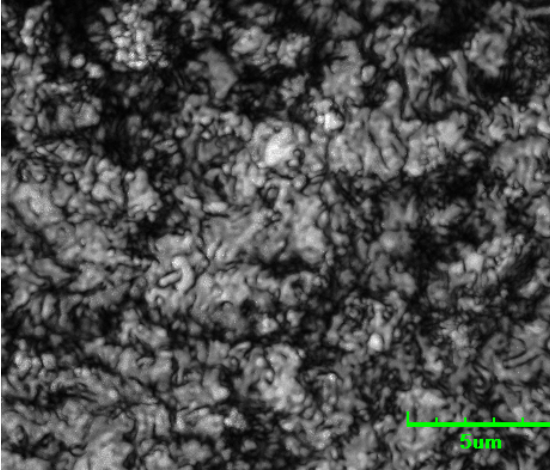


图 6: ob100x3 下冷却泥显微组织

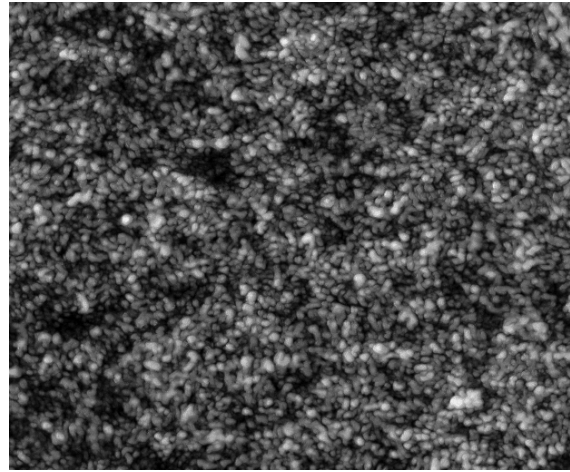


图 7: ob100x4 下石灰显微组织

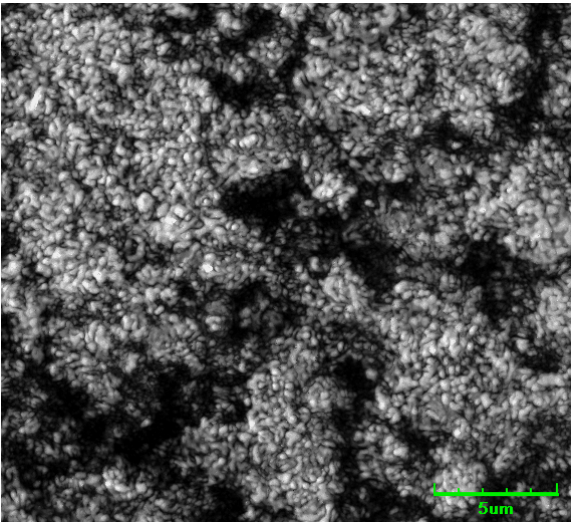


图 8: LEXT ols300 ob100x3 下钾矿石显微组织

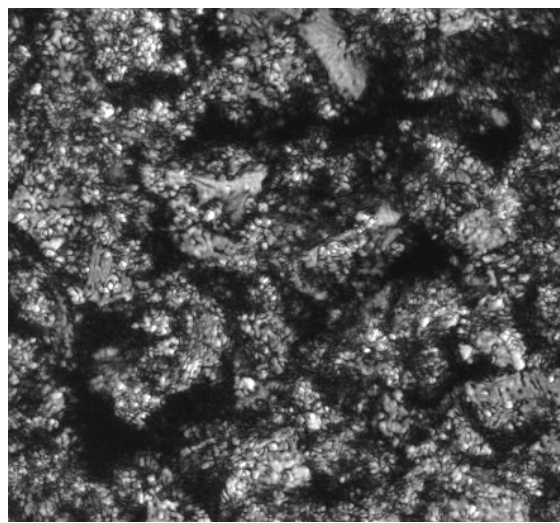


图 9: LEXT ols300 ob100x2 下磷矿石显微组织

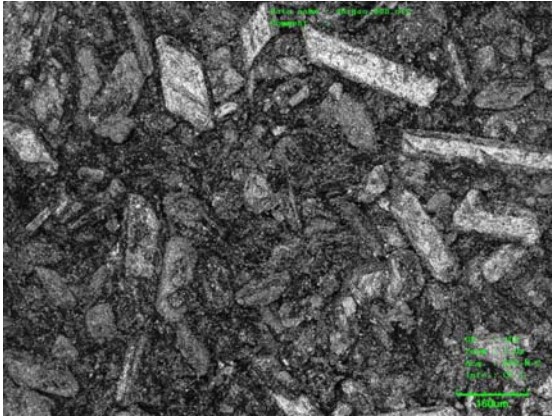


图 10a: ob10 下石膏形貌-灰度信息

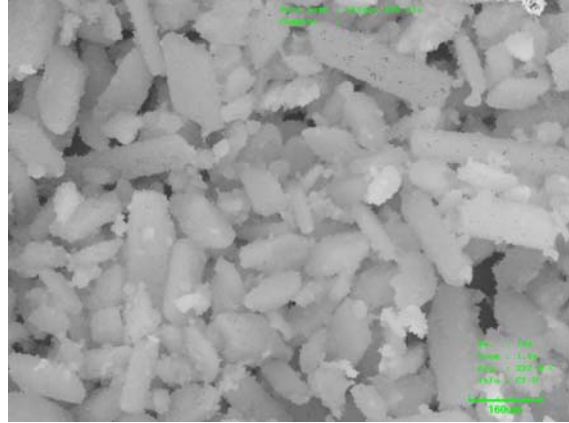


图 10b: ob10 下石膏形貌-高度信息

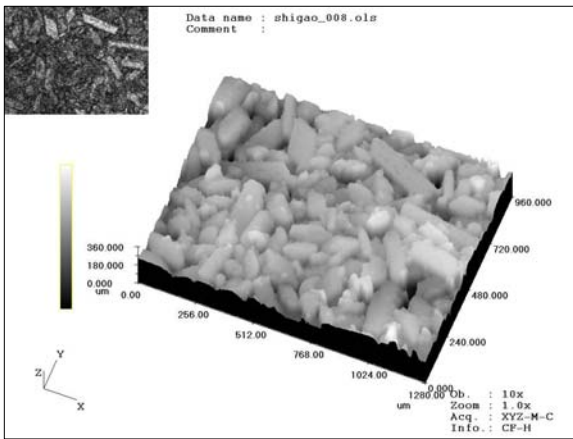


图 10c : ob10 石膏三维形貌



图 10d: ob100 下石膏形貌

图 10: 石膏形貌分析

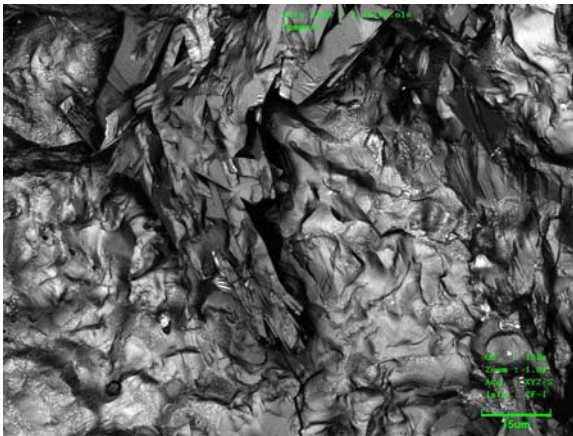


图 11a: ob100 下保护渣渣皮形貌

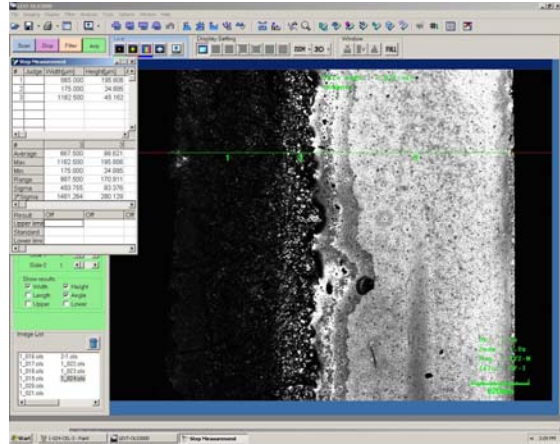


图 11b: ob5 下保护渣渣皮厚度测量

图 11: 保护渣渣皮形貌及厚度测量分析

激光扫描共焦显微镜用于薄铜板表面三维形貌显示及其几何测量。如薄铜板台阶高度三维形貌显示及其测量，如图 12 (图 12a: 薄铜板台阶高度三维形貌，图 12b:

薄铜板台阶高度测量); 薄铜板表面氧化点尺寸几何测量及其形貌, 如图 13 (图 13a 为 ob10 下氧化点周长测量, 图 13b 为 ob10 下氧化点面积测量, 图 13c 为 ob10 下氧化点长度及宽度测量); 薄铜板氧化点表面形貌, 如图 14 (图 14a 为 ob100 下薄铜板氧化点表面二维形貌, 图 14b 为 ob100 薄铜板氧化点表面三维形貌); 薄铜板表面形貌及其粗糙度测量, 如图 15 (图 15a 为 ob100 下薄铜板表面二维形貌, 图 15b 为 ob100 下薄铜板表面三维形貌, 图 15c 为 ob100 下薄铜板表面粗糙度测量)。

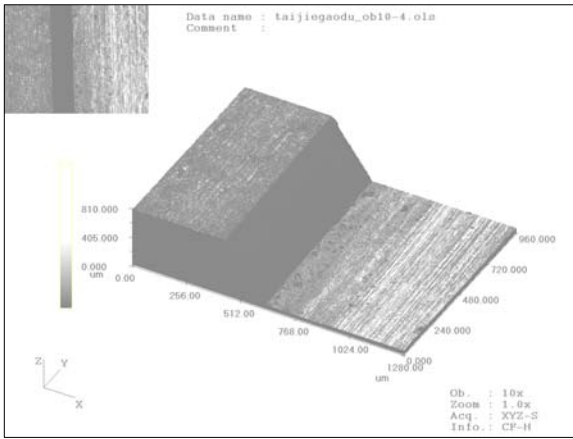


图 12a: 薄铜板台阶高度三维形貌

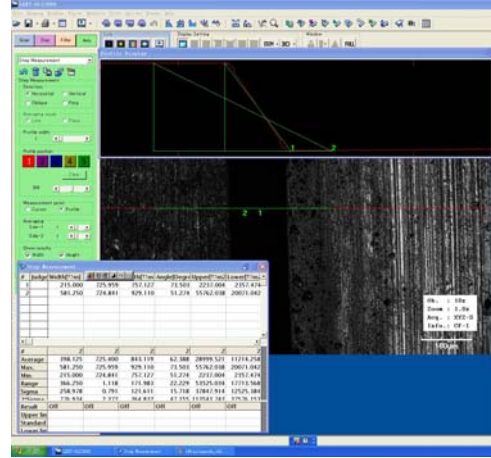


图 12b: 薄铜板台阶高度测量

图 12: 薄铜板台阶高度三维形貌显示及其测量

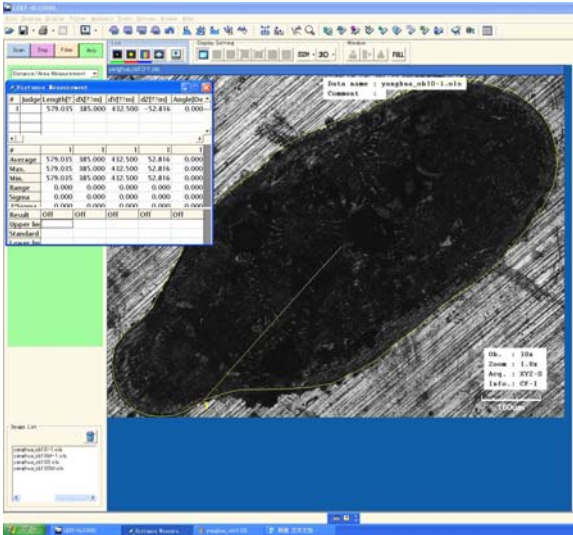


图 13a: ob10 下薄铜板氧化点周长测量

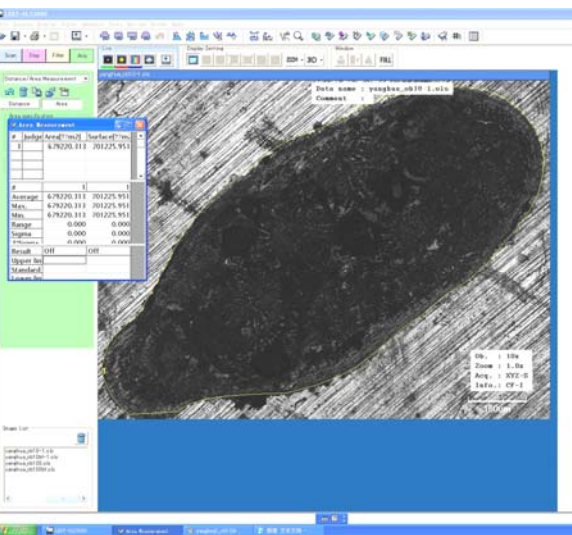


图 13b: ob10 下薄铜板氧化点面积测量

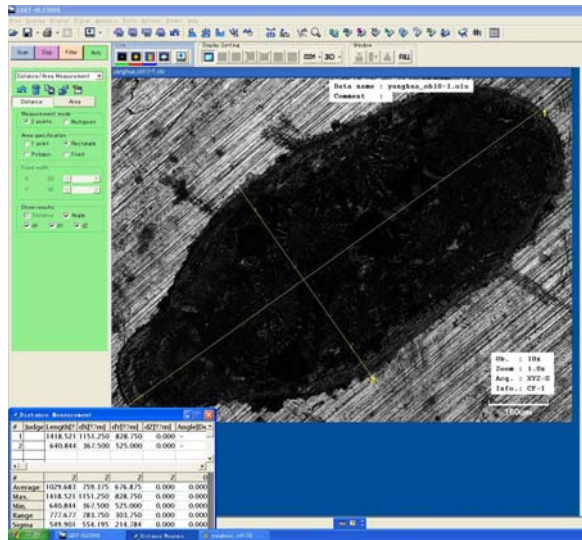


图 13c: ob10 下薄铜板氧化点长度及宽度测量

图 13: 薄铜板表面氧化点尺寸几何测量及其形貌

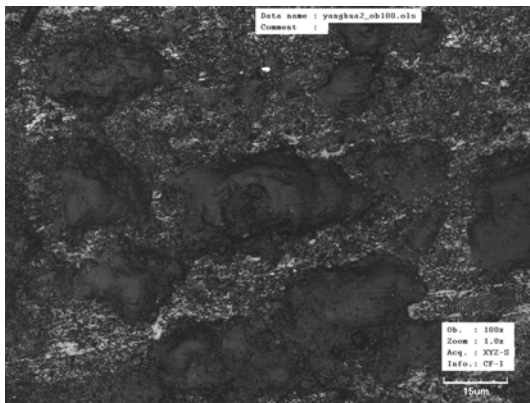


图 14a: ob100 下薄铜板氧化点表面形貌

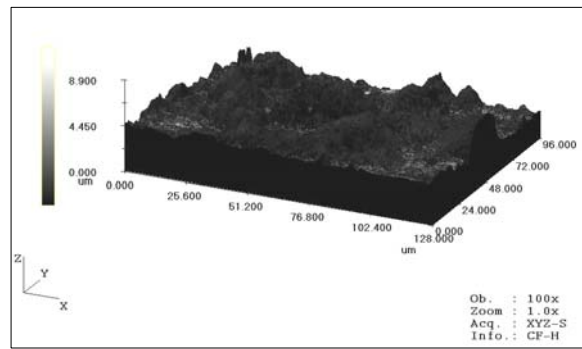


图 14b: ob100 下薄铜板氧化点表面三维形貌

图 14: 薄铜板氧化点表面形貌

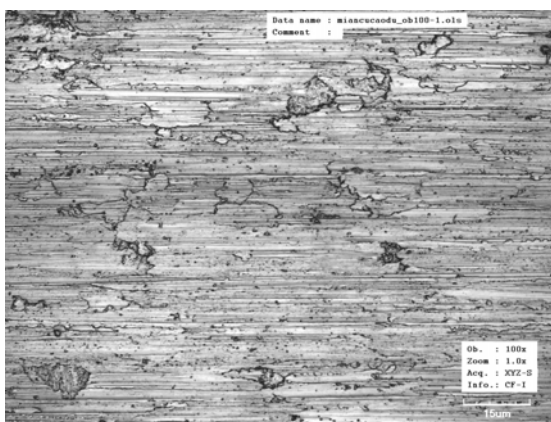


图 15a: ob100 下薄铜板表面二维形貌

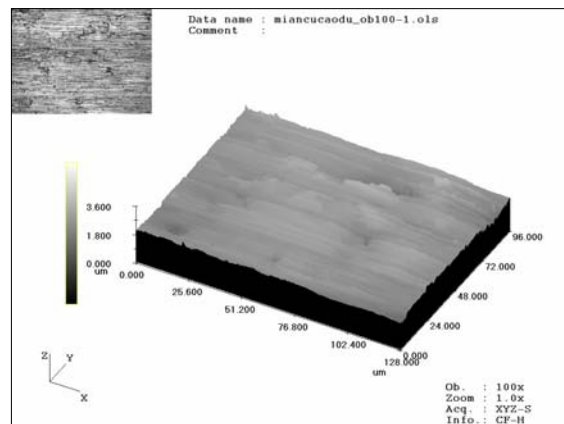


图 15b: ob100 下薄铜板表面三维形貌



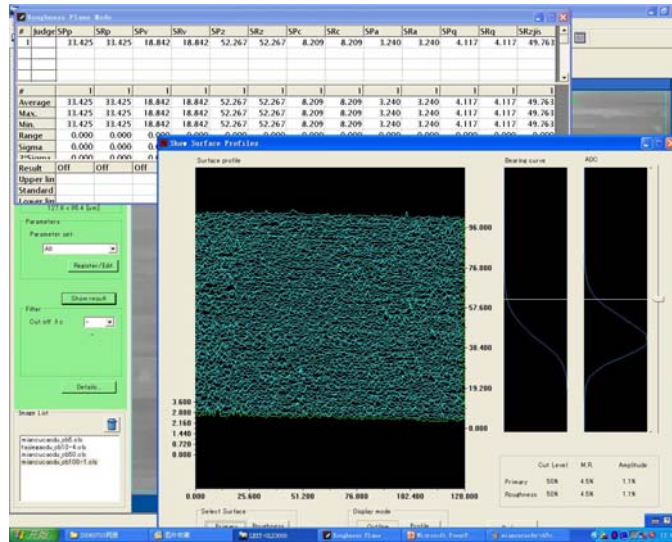


图 15c: ob100 下薄铜板表面粗糙度测量  
图 15: 薄铜板表面形貌及其粗糙度测量

总之,通过以上应用实例可以看出,激光扫描共焦显微镜由于其高分辨率、高灵敏度、高放大率等特点及多种测量功能,在钢铁冶金行业上可作多种功能测量和分析,成为钢铁冶金行业材料研究和检验的重要手段。

#### 参考文献:

- [1]沈桂琴. 光学金相技术[M]. 北京:航空航天大学出版社, 1992.
- [2]姚鸿年. 金相研究方法[M]. 北京:中国工业出版社, 1963.
- [3]陈德强. 双光子激光扫描荧光显微镜及其应用[J]. 物理, 2000, 29(4):232-236.