

文章编号: 0254 - 5357(2009)04 - 0347 - 04

铝合金中镁元素数字光谱快速分析

刘平¹, 杨军红², 刘浩新³

(1. 北京航空材料研究院, 北京 100095; 2. 北京莱特锐科技发展有限公司, 北京 100022;
3. 香港科技大学工学院, 香港 999077)

摘要: 利用可见光谱数字化分析系统将铝合金中镁元素 Mg 518.36 nm 分析谱线组谱图转变为数字化的电子谱图, 使用计算机自动分析代替人眼视觉判断, 解决了谱图的量化分析和记录难题。对 6 种不同镁元素含量的铝合金标准样品进行了数字化分析测定, 探索了选用 Mg 518.36 nm 作为分析谱线, 分别选用 Cu 510.55 nm 和 Fe 510.75 nm 作为比较谱线进行定量测定的方法。数据显示, 分析谱线和比较谱线的强度比值与镁元素含量呈正比。研究了数字化系统指导视场定位和谱线辨别的途径, 降低了可见光谱分析的技术难度并提高了快速分析的可靠性。结果表明, 数字化技术保持快速分析特点的同时可以达到定量分析的目的, 能够有效解决铝合金中镁元素的快速定量分析及材料牌号鉴别问题。

关键词: 数字化; 镁; 铝合金; 可见光谱

中图分类号: O657.3; O614.22; TG146.21 文献标识码: A

Digital Visible Spectrum Analysis of Mg in Al-based Alloy

LIU Ping¹, YANG Jun-hong², LIU Hao-xin³

(1. Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China;
2. Beijing Lightray-Technology Company Limited, Beijing 100022, China;
3. School of Engineering, Hongkong University of Science and Technology, Hongkong 999077, China)

Abstract: Using digital visible spectrum analysis system, the visible spectrum line of Mg 518.36 nm in Al-based alloy sample was transformed into digitized electronic spectrum, which replaces the human visual judgment by computer automatic analysis and solves the difficult problems of spectrum recording and spectrum quantification. In this work, the digital analysis of six Al-based standard alloy samples with different content of Mg has been performed. Using spectra of Mg 518.36 nm as the analysis spectrum line, Cu 510.55 nm and Fe 510.75 nm as comparison spectrum lines separately, quantitative analysis has been made. The results indicate a proportionality relationship between the content of magnesium and the intensity ratio of the analytic and comparative spectrum lines. The development of employing digital system to guide the visual location and the spectrum identification aids in reducing the technical difficulties and improving the reliability of the quick analysis. The research results indicate that the digital technique achieves quantitative analysis and keeping the advantage of the quick analysis. Consequently, an effective solution for rapid quantitative analysis and identification in analysis of Mg in Al-based alloy is provided.

Key words: digital analysis; magnesium; Al-based alloy; visible spectrum

收稿日期: 2008-11-18; 修订日期: 2009-02-04

作者简介: 刘平(1961-), 男, 山东泰安市人, 研究员, 从事航空材料及性能研究工作。E-mail: lp9291@sina.com。

Mg 元素是铝合金中重要元素之一, Mg 元素能增加抗腐蚀能力, 改善切削加工性能, 显著提高合金强度; 但合金塑性等会随 Mg 含量增加而急剧下降, 工艺过程中需要快速准确地掌握铝合金中 Mg 元素含量以保证其工艺性能。可见光谱分析技术具有成本低、样品损伤小、可现场使用等优点^[1-3], 适用于铝合金中 Mg 元素的快速分析。对于 Mg 元素含量有差别的铝合金牌号, 可以使用该方法实现牌号的快速鉴别。

由于人眼视觉的影响, 传统的看谱分析技术在精度^[4]和速度^[5]及光源选择^[6]一直难以满足要求。数字处理技术的发展有效地解决了这些问题^[7], 使得可见光谱分析技术有了更广阔的应用前景。

本工作研究了铝合金中 Mg 元素可见光谱的数字化转换和计算机处理技术, 利用标准样品探索了 Mg 元素的定量分析技术, 结果证明数字化技术可有效解决视场定位、谱线辨别、谱图自动分析和记录等问题, 避免了分析过程中人眼视觉误差的影响, 达到了定量分析的目的。

1 实验部分

1.1 仪器

WKT-04 型台式看谱镜、WKT-10A 型便携式看谱镜(天津谱析光学仪器厂), 光谱范围 390 ~ 700 nm, 电弧放电光源。

LTR 2.0 可见光谱数字化处理系统(北京莱特锐科技发展有限公司)。

1.2 试样和试验条件

块状或棒状光谱试样, 表面经细砂纸打磨处理。试验条件为: 分析间隙 0.5 ~ 2 mm, 电弧电流 5 A, 预燃时间 10 s; 电极分别采用纯铁对电极和纯铜铁对电极。

1.3 可见光谱的数字化处理

使用 LTR 2.0 可见光谱数字化处理系统将看谱镜输出的可见光谱线转变成数字化的电子谱图^[8], 经计算机处理后在屏幕上显示, 同时可以进行视场定位、谱线辨别、定量分析和牌号鉴别等应用。图 1 为计算机屏幕上显示的使用纯铁对电极时 ZL105 铝合金中 Mg 518.36 nm 谱线组数字化电子谱图。

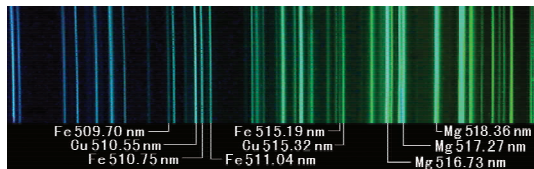


图 1 Mg 518.36 nm 谱线组谱图

Fig. 1 Spectrogram of Mg 518.36 nm

1.4 视场定位及谱线辨别

视场定位及谱线辨别一直是可见光谱分析工作的技术难点, 尤其对初学者来说是一个较高的技术门槛。利用可见光谱数字化技术可以解决视场定位及谱线辨别的难题。

图 2 为数字系统 Mg 518.36 nm 谱线组视场定位和谱线辨别示意图。在屏幕下半部分的对比标定区给出了铝合金中 Mg 518.36 nm 谱线组的典型谱图, 并对主要谱线进行了标定。在选定进行 Mg 518.36 nm 谱线组分析后, 根据系统指示调节看谱镜鼓轮到指定读数。点燃光源后, 屏幕上半部分观测区中出现的 Mg 518.36 nm 谱线组视场谱图与对比区的图谱完全对应, 定位完毕后的视场如图 2 所示。利用对比区标定的谱线可对观测区的分析谱线和比较谱线进行辨别, 观测 Mg 518.36 nm 等 Mg 元素谱线位置处有无谱线出现, 判定样品中是否含有 Mg 元素。如果有谱线出现, 可使用数字化分析功能进行 Mg 元素含量的测定。

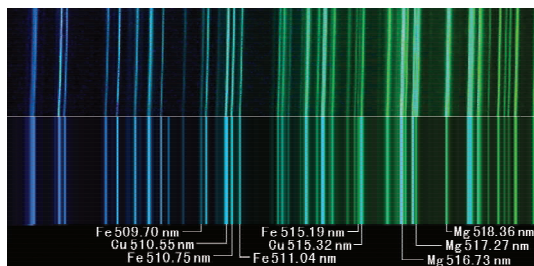


图 2 Mg 518.36 nm 谱线组的视场定位及谱线辨别

Fig. 2 Visible-field localization and spectral line discrimination of Mg 518.36 nm spectrogram

2 结果与讨论

2.1 铝合金中镁元素可见光谱特征

利用光谱线波长表^[9]可以得到 Mg 元素在可见光范围内的谱线分布情况^[10]。Mg 元素在可见

光区相对谱线强度最高的谱线组为 Mg 518.36 nm 谱线组, Mg 518.36 nm 特征谱线组由 Mg 518.36 nm、Mg 517.27 nm 和 Mg 516.73 nm 三条谱线组成。Mg 518.36 nm 谱线组视场内其他元素谱线丰富,常用于进行 Cu 和 Cd 等元素的分析测定,分别采用纯铁对电极和纯铜对电极时 Mg 518.36 nm 谱线组谱图见图 3。本工作选用 Mg 518.36 nm 谱线组进行铝合金中镁元素的分析。

铝合金基体 Al 元素的谱线很少,在电弧激发方式下,Al 元素可见光范围内仅有 7 条谱线,铝合金中元素测定无法借助基体元素谱线进行强度比对。进行铝合金中镁元素分析可选用纯铁对电极或纯铜对电极,利用对电极基体元素谱线作为比较谱线。使用纯铁对电极时视场中谱线较多,比较谱线的选用较为方便,看谱分析工作中纯铁对电极较为常用。Cu 元素在 Mg 518.36 nm 谱线组视场内有一组强度较高的 Cu 510.55 nm 谱线组^[11],可以作为比较谱线组使用。由于数字化分析摆脱了人眼视觉能力的限制,选用纯铜对电极时谱线较少等因素已不是障碍。图 3 给出了使用纯铜对电极和纯铁对电极时 ZL205 铝合金 Mg 518.36 nm 谱线组的视场对比情况。图中上部为使用纯铜对电极的 ZL205 铝合金图谱,下部为使用纯铁对电极的 ZL205 铝合金图谱。由图 3 可见,使用纯铁对电极时,视场内铁元素谱线丰富,非常便于比较谱线的选用。使用纯铜对电极时,视场内谱线较少,谱图结构简单,谱线间的干扰较小。

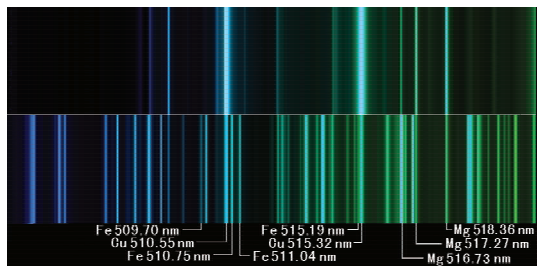


图 3 纯铜对电极与纯铁对电极铝合金图谱对比
Fig. 3 Comparison of spectra of Cu-pole and the Fe-pole

Mg 518.36 nm 谱线组视场范围内其他元素谱线较丰富,铝合金中一些常见元素 Nb^[12]、Cu^[13] 和 Cd 等在该视场内均有常用分析谱线,当试样中含有这些元素时可同时进行相应的分析测定。

2.2 数字化分析

可见光谱数字化分析系统利用数字视频技术

进行材料可见光谱图的数字化处理,可得到视场中所有谱线的相对强度数据,并直观地在谱图中以折线的形式显示出来。ZL205 铝合金 Mg 518.36 nm 谱线组的谱图经数字化处理后的定量分析折线图如图 4 所示。得到了视场中各条谱线的强度数据后,分析谱线和比较谱线间的相对关系就能以准确的数值表示。进行定量分析时,选用一条相对强度高、线性好的分析线和一条稳定的比较谱线即可。

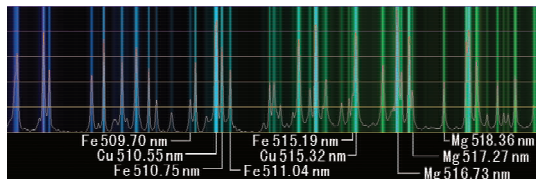


图 4 Mg 518.36 nm 谱线组的数字化分析谱图
Fig. 4 Digital analysis of Mg 518.36 nm spectrogram

2.3 定量分析

利用数字化分析给出的分析谱线和比较谱线间较为精确的比值,可以进行快速准确的定量分析。图 5 为使用数字系统对 6 种牌号的铝合金样品 Mg 518.36 nm 谱线组铜对电极谱图进行数字化处理后的对比情况。6 种样品 Mg 元素的含量 [$w(\text{Mg})$, 质量分数] 分别为: 1[#] 样品 0.48%、2[#] 样品 0.13%、3[#] 样品 0.086%、4[#] 样品 0.032%、5[#] 样品 0.069%、6[#] 样品 0.21%。

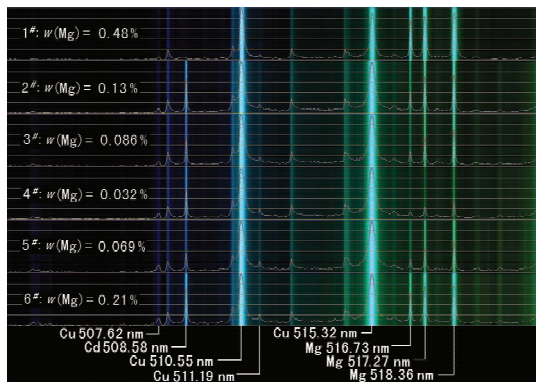


图 5 定量分析
Fig. 5 The quantitative analysis

选用 Mg 518.36 nm 谱线组 Mg 517.27 nm 谱线作为分析谱线, Cu 元素谱线 Cu 510.55 nm 作为比较谱线,使用 LTR 2.0 数字系统对两条谱线强度

进行量化比较。数字系统给出了6种牌号铝合金样品的分析谱线 Mg 517.27 nm 和比较谱线 Cu 510.55 nm 的强度比值:1[#]样品为0.835、2[#]样品为0.714、3[#]样品为0.560、4[#]样品为0.229、5[#]样品为0.480、6[#]样品为0.765。当进行实际材料测定时,可利用 Mg 517.27 nm 和比较谱线 Cu 510.55 nm 的强度比值绘制标准曲线,由系统将测定值转变为铝合金样品中 Mg 元素的含量值。

进行定量分析时,也可以选用其他相对强度高、线性好的分析谱线和其他相对稳定的比较谱线。当使用纯铁对电极时,选用 Fe 510.75 nm 谱线作为比较谱线,与 Mg 518.36 nm 或 Mg 517.27 nm 谱线进行强度比对,也可以得到一组 Mg 含量与谱线强度比值的关系数据。利用这组数据可以解决选用纯铁对电极工作时的定量分析问题。

2.4 牌号鉴别

可见光谱分析的另一个主要工作内容是进行牌号鉴别,这也是在生产现场使用可见光谱分析的主要目的。系统可根据客户需求设置待测牌号合金的谱图及元素成分技术指标,进行牌号鉴别时可直接对系统已设置的牌号进行鉴别。如果测定样品牌号不在设置范围内,可使用系统的记录功能将观测区的视场即时记录成电子谱图,后期再进行分析处理。

Mg 元素是铝合金中的常见元素,可以利用 Mg 元素的定量分析结果进行铝合金的牌号鉴别。例如,数字化系统已设置的牌号合金为图5中的6种牌号铝合金,选用纯铜对电极,已知分析谱线 Mg 518.36 nm 和比较谱线 Cu 510.55 nm 的强度比值为:1[#]样品0.84、2[#]样品0.71、3[#]样品0.56、4[#]样品0.23、5[#]样品0.48、6[#]样品0.77。实际进行牌号鉴别时数字系统利用这组量化比值,很容易将这6种牌号的铝合金自动鉴别开。

3 结语

(1) 本工作采用的数字谱图均为棱镜看谱镜谱图。棱镜看谱镜与光栅看谱镜线色散率不同,在光栅看谱镜上可参照使用。

(2) 纯铁对电极在铝合金分析中使用较多。纯铜对电极谱图结构简单,更加适用于数字化分析

技术。本工作分别给出了纯铁对电极和纯铜对电极的图谱,对两种电极进行了对比分析,供光谱分析工作者在操作中参照。

(3) 使用数字化可见光谱分析技术可以有效解决人眼视觉的限制问题,进行铝合金中 Mg 元素分析时可以选用 Mg 518.36 nm 谱线组。

(4) 数字技术可得到准确的谱线相对强度数据。利用对电极基体元素谱线作为比较谱线,可以进行铝合金中 Mg 元素的定量分析和快速准确的牌号鉴别。

(5) 数字化技术有效解决了视场定位及谱线辨别等问题,明显降低了可见光谱分析工作的技术门槛,为人员培训和技术交流提供了有利条件。

4 参考文献

- [1] 李国华,徐秋心.金属材料看谱分析手册[M].成都:四川大学出版社,2000:117-129.
- [2] 曾澄光,刘广宇.看谱分析技术及其应用[J].硬质合金,2002,19(1):54-56.
- [3] 李栋梁,李寒青.看谱分析的特点及应用[J].油气田地面工程,2001,20(2):59-60.
- [4] 戴沅,钟万里,林丁.看谱半定量分析准确度的探讨[J].硬质合金,2001,18(1):39-41.
- [5] 李广明.快速看谱分析高速钢[J].冶金分析,2000,20(1):58-59.
- [6] 谭宗礼.普通火花光源激发钢中铝的看谱分析[J].理化检验:化学分册,2000,36(1):29-32.
- [7] 刘平,杨军红.国产看谱镜的数字化改造[J].分析仪器,2008(6):11-14.
- [8] 刘平,杨军红,张福来.材料可见光谱计算机辅助分析系统应用研究[J].现代科学仪器,2007(4):46-48.
- [9] 冶金工业部情报产品标准研究所编译.光谱线波长表[M].北京:中国工业出版社,1971:692-693.
- [10] 刘平,刘浩新.看谱镜在镁合金成分分析中的应用研究[J].现代科学仪器,2007(1):103-104.
- [11] 刘平,庞晓辉,杨军红,陈双聘,刘晓燕,李国华.铜合金可见光谱特征及其应用[J].岩矿测试,2006,25(4):337-340.
- [12] 刘平,刘浩新.铍元素可见光谱及其应用研究[J].兵器材料科学与工程,2007,30(5):63-65.
- [13] 刘平,杨军红.数字化技术在铁基合金铜元素可见光谱分析中的应用[J].材料工程,2006(12):78-80.