

微波快速测定镁质硅酸镍矿水分的应用研究

范兴祥¹, 杨晶晶², 黄 铭³, 汪云华^{1,2}, 李柏榆¹

(1. 昆明贵金属研究所, 昆明 650221; 2. 昆明理工大学材料与冶金工程学院, 昆明 650093;

3. 云南大学信息学院, 昆明 650091)

[摘要] 利用微波技术快速测定镁质硅酸镍矿的水分, 并对不同含水量的镁质硅酸镍矿对检测结果的影响进行了分析和讨论; 对微波检测装置、特性及其操作方法做了说明。

[关键词] 微波; 测定; 镁质硅酸镍矿; 水分

[中图分类号] TD926.1 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2007)11-0200-04

1 前言

氧化镍矿床是含镍橄榄岩在热带或亚热带经大规模长期风化淋滤变质而成的, 是由铁、铝、硅等含水氧化物组成的疏松的粘土状矿石。镍矿石是在 1863 年由 Garnier 在新喀里多尼亚发现的, 因而这种矿石被称作: “garnierite”——镁质硅酸镍矿。由于矿床风化后铁被氧化, 矿石呈红色, 所以通称为红土镍矿。实际上, 矿床的上部由于风化淋滤作用的结果, 铁多、硅少、镁少, 镍较低, 钴稍高, 镍矿呈红色; 矿床的下部, 由于风化富集, 镍矿多硅、多镁、低铁, 镍较高, 钴较低, 称之为镁质镍矿硅酸镍矿。两种矿石相对于硫化镍矿而言, 均称为氧化镍矿^[1,2]。氧化镍矿的特点是成分复杂、含有色金属的矿物种类繁多, 游离水与结合水的含量一般在 20%~30%, 预干燥后, 仍有 20% 的结合水, 需要 700℃ 以上煅烧或与预还原工艺结合才可除之^[1~3]。工业生产中, 为了测定镁质硅酸镍矿水分, 一般采用标准失重法测定, 缺点是时间长、费用高, 而且不能及时指导生产。除标准失重法外, 测量物料水分的方法还有红外法、电容法、电导法、中子法、阻力法、电化学法、核磁共振法和微波法等^[4]。其中, 微波法具有较高的精度和检测限, 测量的是物料的平均水分, 受物料电导率的影响较小, 适合于工业环境使用。

目前, 国内外虽然有用微波法测量精矿水分的

报道^[5,6], 但是对用微波法测量镁质硅酸镍矿水分的研究尚未见到, 因此, 研究微波法测定镁质硅酸镍矿水分具有重要的实际意义。文章研究采用微波技术快速测定镁质硅酸镍矿的水分, 为在火法处理镁质硅酸镍矿过程中测定水分提供一种新方法。

2 实验部分

2.1 实验原料

实验原料来自云南省元江县某镍矿厂, 镍以硅酸镍主, 占 90% 左右, 其原料成分见表 1。

表 1 原料化学成分分析结果

Table 1 The composition of garnierite materials

元 素	Ni	Mg	Fe	Co	Al	Si
镁质矿含量/ %	0.97	21.04	8.57	0.04	0.087	19.72

以此为原料, 根据实验方案, 加入不同比例的水, 可得到不同含水量的镁质硅酸镍矿作为实验样品。

2.2 测试原理

微波是指频率范围在 300 MHz~3 000 GHz 的电磁波, 广泛用于集群通信、移动通信、无线接入、卫星通信、雷达和微波化学等高新技术领域。近年来, 微波测量物质水分的技术发展迅速, 微波水分测量设备已用于茶叶、卷烟等制品以及木材、药品、电工绝缘材料、纺织纱线、铸造型砂、煤炭、混凝土等物料的水

[收稿日期] 2006-11-15

[作者简介] 范兴祥(1974-), 男, 云南建水县人, 昆明贵金属研究所博士, 研究方向: 冶金新技术

分检测中^[5]。

测试原理是将微波馈入微波谐振型传感器,在该传感器内,微波与物质相互作用。若引入传感器内的样品很小,微扰理论^[7]成立,则

$$\frac{\Delta\omega}{\omega} = -\omega_0(\epsilon'_r - 1) \int_{ve} E_0^* \cdot E d\nu / 4W \quad (1)$$

$$\frac{1}{Q} - \frac{1}{Q_0} = 2\epsilon_0 \epsilon''_r \int_{ve} E_0^* \cdot E d\nu / 4W \quad (2)$$

式中, $W = \int_v [(E_0^* \cdot D_0 + H_0^* \cdot B_0) + (E_0^* \cdot D_1 + H_0^* \cdot B_1)] d\nu$

由此可见,测量传感器引入样品前后微波信号输出的幅度、谐振频率和品质因素变化,即可反演出物质的水分含量。图1为测量镁质硅酸镍矿原料水分装置示意图^[7]。

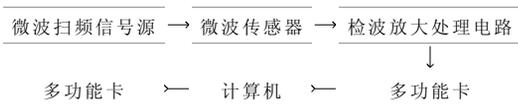


图1 微波测量镁质硅酸镍矿原料水分装置示意图

Fig.1 Sketch of the microwave sensor system for measuring moisture content of garnierite

3 检测结果与讨论

3.1 检测结果

实验测量得到不同水分含量的镁质硅酸镍矿原料的微波波谱见图2所示。由图2可以看出从右到左镁质硅酸镍矿原料含水量由低到高的微波波谱变化规律。图中,横轴表示微波传感器谐振频率(GHz),纵轴表示微波传感器输出电压(V)。微波波谱图显示了镁质硅酸镍矿水分含量与谐振频率以及输出电压等的关系,采用曲线拟合的方式得到描述这些关系的方程后,即可通过程序计算出样品含水量。

3.2 含水的影响

图3~图5分别是通过图2所示界面进行测量,并经过数据处理后获得的各种关系曲线。

当样品的含水量为1.08%~18.96%时,经过实验测量得到的水分含量与微波传感器的输出电压的关系如图3所示,测量值用二次曲线拟合,其表达式为: $V = -0.0005x^2 - 0.0105x + 2.1326$,其中, V 为微波传感器的输出电压, x 为样品水分含量。水分含量与谐振频率的关系如图4所示,拟合曲线的表达式为: $f = -0.0001x^2 - 0.0015x + 2.4562$,其中, f 为微波传感器谐振频率。同样,样品水分与微

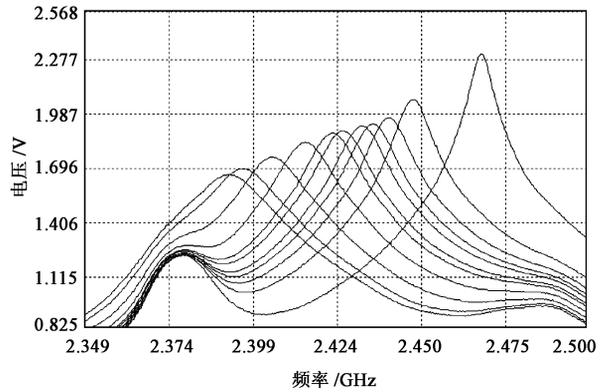


图2 不同水分含量镁质硅酸镍矿原料的微波波谱图

Fig.2 Microwave spectra of different moisture content garnierite

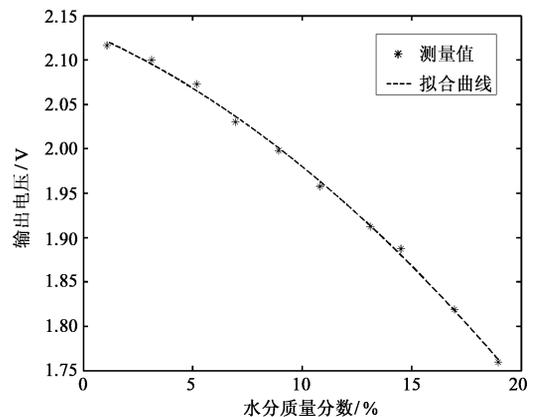


图3 镁质硅酸镍矿原料不同水分质量分数与微波传感器输出电压的关系

Fig.3 The relation between moisture content of garnierite and output voltage of the microwave sensor

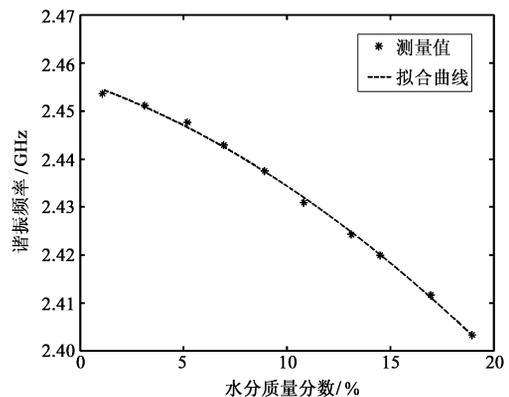


图4 镁质硅酸镍矿原料不同水分质量分数与微波传感器谐振频率的关系

Fig.4 The relation between moisture content of garnierite and resonant frequency of the microwave sensor

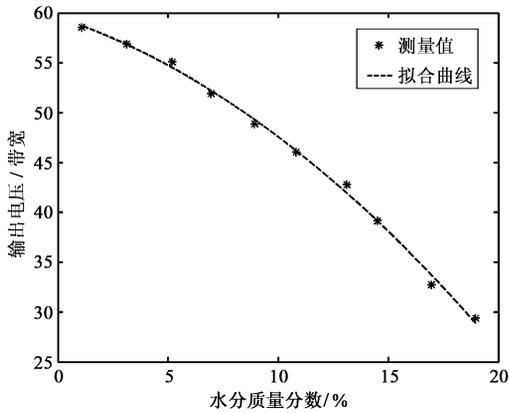


图5 镁质硅酸镍矿原料不同水分质量分数与微波传感器输出电压/带宽的关系

Fig.5 The relation between moisture content of garnierite and output voltage/bandwidth of the microwave sensor

曲线为： $y = -0.0468x^2 - 0.7306x + 59.5521$ ，其中， y 为输出电压与带宽之比。

将校准曲线存入计算机，于是，通过测量不同水分含量镁质硅酸镍矿样品所对应的微波传感器的输出电压 (V)、谐振频率 (f) 或输出电压与带宽之比 (γ)，即可得到其水分含量 (x)。测量结果及误差见表 2~表 4。

当镁质硅酸镍矿原料的水分含量为 1.08%~18.96% 时，从表 2 可以看出，利用微波传感器输出电压与水分含量的关系建立数学模型，检测结果误差小于 0.5%；从表 3 可以看出，利用微波传感器谐振频率与水分的关系建立数学模型，检测结果误差小于 0.48%；从表 4 可以看出，利用微波传感器输出电压/带宽与水分的关系建立数学模型，检测结果误差小于 0.48%。

波传感器输出电压/带宽的关系如图 5 所示，拟合

表 2 由水分与输出电压关系校准曲线得到的镁质硅酸镍矿水分质量分数实验结果

Table 2 Experimental results is extracted from the fitting curve of the relation between garnierite moisture content and output voltage of the microwave sensor

水质量分数/%	1.08	3.13	5.19	6.95	8.93	10.82	13.12	14.51	16.95	18.96
检测值/%	1.08±0.36	3.13±0.36	5.19±0.50	6.95±0.36	8.93±0.14	10.82±0.26	13.12±0.13	14.51±0.31	16.95±0.14	18.96±0.10

表 3 由水分与谐振频率关系校准曲线得到的镁质硅酸镍矿水分质量分数实验结果

Table 3 Experimental results is extracted from the fitting curve of the relation between garnierite moisture content and resonant frequency of the microwave sensor

水质量分数/%	1.08	3.13	5.19	6.95	8.93	10.82	13.12	14.51	16.95	18.96
检测值/%	1.08±0.5	3.13±0.15	5.19±0.48	6.95±0.17	8.93±0.15	10.82±0.36	13.12±0.15	14.51±0.14	16.95±0.12	18.96±0.13

表 4 由水分与输出电压/带宽关系校准曲线得到的镁质硅酸镍矿水分质量分数实验结果

Table 4 Experimental results is extracted from the fitting curve of the relation between garnierite moisture content and output voltage/bandwidth of the microwave sensor

水质量分数/%	1.08	3.13	5.19	6.95	8.93	10.82	13.12	14.51	16.95	18.96
检测值/%	1.08±0.21	3.13±0.16	5.19±0.48	6.95±0.23	8.93±0.29	10.82±0.17	13.12±0.44	14.51±0.12	16.95±0.43	18.96±0.19

4 实验装置特性介绍及其使用方法

4.1 实验装置特性介绍

微波谐振腔、微波扫频信号源和检波放大处理电路集成在一起，实验装置性能可靠；

微波被屏蔽在传感器内，传感器外无微波辐射，对操作人员无害，是绿色环保产品；

主要微波器件为军品级，可靠性高，稳定性好；充分利用计算机资源，数据处理功能强大。

4.2 实验装置使用方法

本实验装置的用户界面如图 2 所示。测量前先开机半小时，待系统稳定后方可使用本装置进行水分测量。测量前应首先设置好物质类型、水分测量算法、温度及扫描范围。其次，应在腔体中放入样品，通过单击校准键，并观察光标读数和调整扫描范围，确定好微波波谱坐标系，以便观察。最后单击测量键以及水分计算键，可以在右下方的显示框中得到该样品的水分^[8]。

5 结论

1) 镁质硅酸镍矿原料水分含量为 1.08 % ~ 18.96 % 时, 检测结果误差小于 0.5 %;

2) 利用本文介绍的技术有望解决镁质硅酸镍矿原料水分在线检测的问题, 相关工作正在进行。

参考文献

- [1] 蒋继穆, 孙 倬, 王协邦. 重有色金属冶炼设计手册(铜镍卷) [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1995
- [2] 李建华, 程 威, 肖志海. 红土镍矿处理工艺综述[J]. 湿法冶金, 2004, 23(4): 191
- [3] 王晓民. 湿法冶金处理氧化镍矿的现状[J]. 金川科技, 2004

(1); 29

- [4] 黄 铭, 彭金辉, 杨晶晶. 微波快速测量球团铁精矿混合原料水分新方法[J]. 物理测试, 2006, 24(4): 32~35
- [5] 黄 铭, 彭金辉, 王威廉, 等. 微波快速测量硫化镍精矿水分新方法的研究[J]. 金属矿山, 2005(5): 39~41
- [6] Huang Ming, Peng Jinhui, Yang Jingjing, et al. Microwave cavity perturbation technique for measuring the moisture content of minerals sulphide concentrate[J]. Minerals Engineering. 2007, (20): 92~94
- [7] Huang Ming, Yang Jingjing, Wang Jiaqi, et al. Microwave sensor for measuring the properties of a liquid drop[J]. Measurement Science and Technology, 18 (2007): 1934~1938
- [8] 黄 铭, 彭金辉, 宗 容, 等. 微波测量氢氧化铝水分新方法的研究[J]. 轻金属, 2006, 4: 17~19

Application Research on Quick Measuring Moisture of Garnierite by Means of Microwave Sensor

Fan Xingxiang¹, Yang Jingjing², Huang Ming³, Wang Yunhua^{1,2}, Li Baiyu¹

(1. Kunming Institute of Precious Metals. Er Huan Bei Lu, He Tao qing, Kunming China, 650221;

2. Faculty of Materials and Metallurgical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, 650093, China; 3. School of Information Science and Engineering, Yunnan University, Kunming, 650091, China)

[Abstract] A novel method for quick measuring moisture of garnierite by means of microwave sensor was investigated, and the effects of the different moisture content on the measuring results were analyzed and discussed in detail. Finally, experimental equipment, properties and application notes are presented, and the moisture measuring by microwave sensor during pyrometallurgical processing of garnierite for nickel products is also described.

[Key words] microwave; measuring; garnierite; moisture