

钢渣衍生品含铁量测定

王世峰*, 林海, 于朋

鞍钢集团朝阳钢铁有限公司, 辽宁 朝阳, 122000

Determination of iron content in steel slag and its derivatives

Wang shifeng*, Lin hai, Yu peng

Anshan Iron and Steel Group Chaoyang iron and Steel Co., Ltd.

1.前言

钢渣是冶金行业炼钢过程中产生的副产品,其产量一般为粗钢产量的 10%~20%。钢渣中含有多种有用成分:金属铁 2%~8%,氧化钙 40%~60%,氧化镁 3%~10%,氧化锰 1%~8%。目前国内钢渣综合利用率仅为 21.9%,近 70%的钢渣处于堆存和填埋状态,现已堆存钢铁渣两亿吨,占地两万亩,此外,每年还有数千万吨的钢铁渣在不断排出。随着“双碳”工作推进,能源越发的紧张、矿石资源日益减少,对这些固体废物进行处理及资源综合利用,是钢铁工业可持续发展的主要任务之一。

在国家大力提倡节能减排,发展工业循环经济的今天,科学的评价钢渣衍生品质量,推动钢渣处理技术进一步发展显得尤其有意义。

2.钢渣衍生品含铁量测定方法介绍

含铁量是钢渣衍生品重要验收指标。初期用物理法检验磁性金属铁含量间接体现金属收得率,测定方法普遍执行《YB/T 148-水泥用钢渣中金属铁含量测定方法》、《YB/T 4188—钢渣中磁性金属铁含量测定方法》,这两种方法由于制样过程费时费力,检验过程中渣铁分离不彻底,试验结果受粒度影响较大,重复性误差即达到 2%,已不适用企业精益生产要求和日益严格的环保排放要求。并且磁性金属铁检验法并不能真实体现转炉冶炼过程中的收得率,检验结果对炼钢生产的指导意义不强。

出水率检测采用热熔工艺,将钢渣衍生品破碎后,利用电磁感应原理,给感应线圈通入高频电流,产生强大交变磁场,穿透石墨坩埚,使含铁物料中的金属铁熔化,不溶于金属的氧化物等上浮,而一些溶于金属的元素则溶于金属液中,实现渣铁分离。去除了不溶于金属的氧化物等杂质后可以获得成分均匀的熔融成品,将熔融成品的重量与钢渣衍生品破碎料的重量相比即可获得出水率指标,供炼钢钢铁料配料参考。

3.试验设备及试验条件

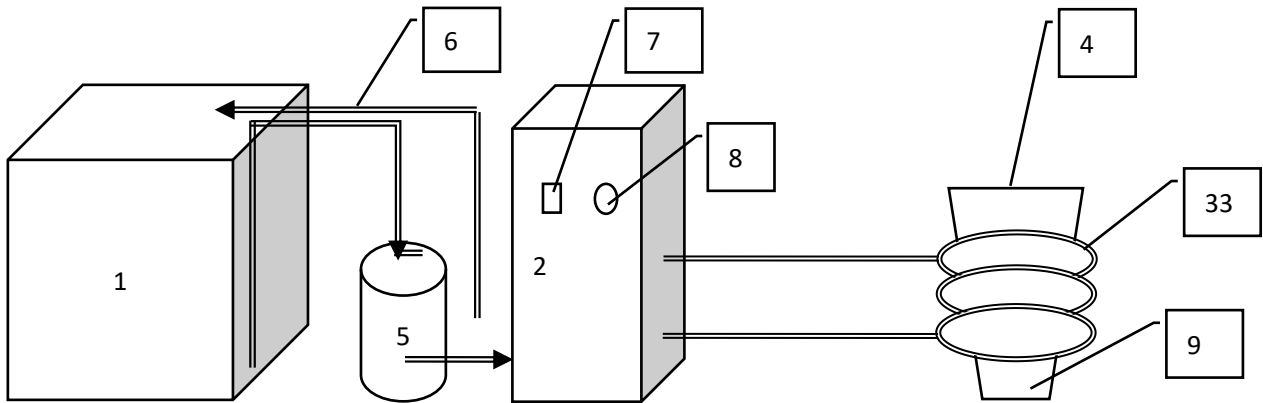


图 1 检测钢渣及其衍生品出水率的装置结构示意图

图中:

3.1 水泵 5: 流量为 $5\text{m}^3/\text{h}$;

3.2 水箱 1: 大于 1000L ;

3.3 冷却水管 6: 内径不低于 10mm , 以保证冷却效果。

3.4 高频炉 2 的型号为 GH65KW(AB), 最大电流为 150A , 电源开关 7, 电流调节 8 方式为手动调节;

3.5 高频炉的感应线圈 3 为内径 6mm , 厚度为 1mm 的空心铜管。

3.6 石墨坩埚大小必须与感应线圈配套, 一般选择石墨坩埚距感应线圈距离为 10mm 左右, 石墨坩埚 4 选用上口直径 20cm , 下口直径 15cm , 厚度 1.5cm ;

3.7 试样 9 粒度不大于 20mm , 重量为约 2500g 。

a、水冷机 1 供水方式为一阀三路, 通过冷却水管 6 的进水口和出水口分别与高频炉 2 出水口和进水口连接, 对高频炉 2 和感应线圈 3 进行冷却。

b、感应线圈 3 用夹板和螺母固定到高频炉上, 感应线圈 3 环绕石墨坩埚 4, 试样 9 放置在石墨坩埚 4 中。高频炉 2 给感应线圈 3 通入高频电流, 产生交变磁场, 穿透石墨坩埚 4, 使试样 9 中的金属铁熔化, 实现渣铁分离。

4. 试验步骤

4.1. 破碎制样

为保证试样在加热炉中完全熔化, 应利用机械设备将采取的大样 (不少于 30kg) 加工成粒度为 25mm 以下的破碎料, 试样中渣钢、废钢等纯铁类物料可用切割机加工至 $30*30*15\text{mm}$; 为防止大粒度的试样进入加热炉中, 可以在破碎后进行筛分, 筛网的网目为 20mm 。

4.2. 称量

3.2.1 试验前检查石墨坩埚的完整情况, 确保石墨坩埚无裂纹后, 放在电子天平 ($D=0.01\text{g}$) 上, 去皮

后拿下；

3.2.2 将经破碎的试样经多次转堆充分混匀后，平铺在铁板上，形成规则的矩形，平均分成若干份，采用网格法取样法随机选取其中几份份样（约 2500g）全部放入坩埚中（注意不要有剩余份样）。

3.2.3 使用电子天平（D=0.01g）称量坩埚，即可获得试样质量 m ；

4.3. 热熔

3.3.1 将石墨坩埚放入高频感应炉感应线圈内，坩埚内部试样应全部在感应线圈范围内。

3.3.2 打开水冷机开关，观察冷却水运行状态，确认无跑冒滴漏等情况，1min 后打开高频炉的电源开关。

3.3.3 电频炉工作频率设定为 15.5 赫兹，调整高频炉的电流旋钮，初始电流应为 40A 左右，预热坩埚及试样，10min 后调整电流强度到 45A 持续 25min，使试样均匀、缓慢融化。待试样液化，表层熔融物呈现亮黄色向上涌出时，适量添加铝丝脱氧、助熔，并使用木棒搅拌，以避免喷冒。

*熔化过程中注意及时控制石墨坩埚内部温度，如加热过程出现喷溅，应适当调低电流。

*必须使用木棒，以防触电。

4.4. 冷却成型

使用看火镜观察试样沸腾、冒泡后，调整电流至 40A，直至使用木棒搅拌感觉坩埚内无未熔化的铁粒时，关闭高频炉的电流旋钮和电源开关。

待石墨坩埚冷却 15 分钟后，待熔融物表面发黑、硬化，坩埚底部无红亮色，关闭水冷机开关。使用坩埚钳将装有熔融物的坩埚取出，晾至 5min 后放入冷水桶中，急冷促使坩埚、金属铁和渣自然分离。使用铁锤将石墨坩埚击破，并打掉熔融物外层的渣层将其进行初步清理，获得金属饼状成品。

待金属饼状的成品自然冷却到暗红色后，将其置入水中进一步冷却（水浸冷却），即可获得冷却后的成品。

*停止加热后，可以立即将石墨坩埚取出放在一旁的耐火砖上冷却，也可以在加热炉保持一段时间后再将石墨坩埚取出。

4.5. 称量

将经过耐火砖冷却和水浸冷却两次冷却后的成品烘干，使用电子天平对冷却后的成品进行称重获得其质量 m_1 。

5. 检测结果的计算

按下式计算出水率：

$$V = \frac{m_1}{m_2} \times 100$$

其中， v 为热压块的出水率，（%）；

m_1 为冷却后的成品质量，（g）；

m_2 为用于热熔的试样质量，（g）。

6. 精密度试验

同一试样按 3.3.2 平行制取 5 个分析样品，在同一条件下进行测定，统计结果见表 1。

表 1 方法精密度

成 分	出水率（%）
样品 1	85.65
样品 2	84.93
样品 3	84.86
样品 4	85.55
样品 5	86.01
平均值	85.25
标准偏差	0.41
相对标准偏差 RSD%	0.48

表 1 的结果表明，本方法精密度试验结果是可靠的。

7.对照试验

用本法测定 10 个样品，其分析结果与《YB/T 4188—2009 钢渣中磁性金属铁含量测定方法》进行对照，见表 2。

表 2 对照试验

编号	出水率（%）	磁性金属铁（%）	偏差
样品 1	85.63	84.76	0.87
样品 2	82.62	83.01	-0.39
样品 3	84.88	85.15	-0.27
样品 4	89.27	90.44	-1.17
样品 5	77.28	77.51	-0.23
样品 6	96.36	98.12	-1.76
样品 7	83.24	84.01	-0.77
样品 8	86.41	87.05	-0.64
样品 9	87.62	87.93	-0.31
样品 10	80.89	81.38	-0.49
平均值			-0.52
标准偏差（%）			0.68

表 2 的结果表明，本方法用出水率代替磁性金属铁含量，含铁量与《YB/T 4188—2009 钢渣中磁性金属铁含量测定方法》相比系统偏低。

误差产生的原因分析：

7.1 《YB/T 4188—2009 钢渣中磁性金属铁含量测定方法》中由于渣铁分离不彻底影响，理论上可能导致结果偏高。

7.2 出水率试验中渣铁分离时熔融物夹杂的金属铁，可能导致结果偏低。

7.3 样品 1、6 的试验结果表明取样粒度过大，可能导致试验结果出现较大误差。

8.结论

从上述结果可以看出，本方法采用热熔工艺，利用电磁感应原理，测定钢渣及其衍生品中金属铁含量，方法分析速度快，精确度、准确度高，适用于指导炼钢生产需要。

参考文献

- [1] YB/T 148-1998 水泥用钢渣中金属铁含量测定方法
- [2] YB/T 4188—2009 钢渣中磁性金属铁含量测定方法
- [3] YB/T 4188—2015 钢渣中磁性金属铁含量测定方法
- [4] YB/T140 钢渣化学分析方法
- [5] YB/T804 钢铁渣及处理利用术语
- [6] GB/T6003.1 试验筛技术要求和检验第一部分
- [7] GB/T8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- [8] 宁维强.国内钢渣处理和应用方式的调查分析[J].矿山冶金环境保护，2014.