

铜冶炼过程中杂质元素走向探析

孙建光 张伟 王书奎 蒋宗来 郭涛

(山东恒邦冶炼股份有限公司, 山东 烟台 264100)

【摘要】本文对某厂铜冶炼过程中四种主要杂质元素——砷、锑、铋、铅整体走向进行了长期跟踪以及探析,跟踪耗时一年。对四种杂质元素的投入产出进行跟踪对比分析,结果显示其中砷产出比为1.0478、锑产出比为0.8522、铋产出比为0.9902、铅产出比为0.9378。铜冶炼产出物当中,转炉渣、电炉渣、铜砷滤饼、黑铜泥等上述杂质富集总量相对较多。对冷铜杂质带入比例的统计显示,案例厂冷铜带入量约为精铜矿带入量的15%到25%左右。

【关键词】铜;冶炼;杂质;元素分析

引言:

当前我国铜冶炼厂原材料的来源相差较多,不同原材料含有的有价金属以及杂质类型以及比例相差较多,整体而言我国铜冶炼厂原材料的类型呈现不断复杂化的趋势。当前我国铜冶炼原材料普遍存在的有机金属包括金、银、铜等,除有价金属外原材料当中同时存在砷、锑、铋、铅等多种类型的杂质元素,铜冶炼过程中杂质元素的存在能够形成污染环境的化合物等,部分化合物通过回收以及二次发掘能够获得全新的应用价值,重新投入使用当中。当前,由于世界范围内有色金属的总体储量已经不断减少,但同时有色金属的应用范围不断增加,因此有色金属利用方面必须更加注重降低浪费、提高利用率。铜冶炼过程中存在大量有色金属杂质,通过对该种类型杂质的重新合理利用,能够有效降低有色金属浪费情况的出现。在铜冶炼整个流程中,杂质元素主要富集在包括转炉渣、电炉渣、铅滤饼、砷滤饼、黑铜泥、阳极泥、FF烟尘、白烟尘等物质当中,铜冶炼过程中冶炼以及制酸环节杂质带入的比例相对较高。

一、探析调查

针对案例铜冶炼厂,调查以季度为时间单位进行调查,案例铜冶炼厂分为南厂以及北厂,调查过程中对南厂、北厂以及全厂分别进行了调查统计。调查时针对砷元素、锑元素、铋元素以及铅元素的投入产出比进行了统计,同时对上述四种主要杂质元素以当前生产流程为基础对不同环节的杂质元素走向进行了追踪以及分析,通过追踪需要明确四种主要杂质元素走向的变化规律以及元素富集的基本规律。

对砷元素、锑元素、铋元素以及铅元素的投入产出比进行计算,目的在于对物料的种类、不同物料的数量、金属平衡样进行分析处理,分析以及处理的结果需要作为基本数据使用。此外环境检测数据以及生产检测数据同样能够作为辅助使用。

在调查过程中,为便于调查、统计以及后续分析的进行,且便于对影响杂质元素富集的相关因素进行分析,在调查追踪过程中南厂的生产流程需要进行进一步的细分处理,南厂的整体生产流程需要分为FF、CF以及RF三个主要的工序。本次调查,根据第一季度以及第二季度的统计结果,包括调查过程中获取的数据以及调查过程中确定的显著性问题,通过对不同物料的取样频率以及取样方法进行针对性调整,此外通过对化验精度的重新调整,以及数据提出措施的重新调整,能够得到下述的调查的基本要求。

1. 案例铜冶炼厂单次原材料囤积量相对较少,每月原材料可能存在一定差别,不同批次的原材料由于来源等出在一定差别,因此在杂质含量方面同样并不完全相同,考虑到原材料当中杂质含量不同的相关情况,因此调查过程中按照每月的实际使用批次,对精矿当中杂质的含量进行分别加权处理,以达到杂质含量相对较为均衡的状态。

2. 铜冶炼使用的冷铜,在购入以及使用方面同样符合铜冶炼原材料的一般标准,厂区引入的冷铜在杂质含量以及杂质类型方面同样存在一定差别,即以冷铜为对象的情况下冷铜当中杂质含量同样存在一定变化,因此考虑到冷铜当中杂质含量不同的相关情况,实际调查过程中按照每月的实际使用批次,

对冷铜当中杂质的含量进行分别加权处理，以达到杂质含量相对较为均衡的状态。

3. 铜冶炼过程中使用的石英石，根据石英石产品当前通行的市场规范，石英石当中含有的砷元素、锑元素、铋元素以及铅元素杂质质量以及杂质类型并未进行明确标注，而从实际角度进行分析，石英石当中含有的杂质对最终的调查结果能够形成影响，因此本次调查进行时需要对每个批次使用的石灰石当中杂质类型以及杂质含量进行直接的针对性实验分析及统计。

4. 案例铜冶炼厂产出的直接产品为冰铜，根据铜冶炼厂的生产工艺，铜冶炼过程中冰铜的总产量能够与金属形成平衡。该铜冶炼厂冰铜分为 FF 以及 EF 两种类型，两种类型冰铜的产量并不相同，两者的产量总比约为 7:1 左右。

5. 调查过程中，对铜产量以及生产流程进行调查以及追踪需要以阳极铜的总量以及阳极铜的工序为主要依据。案例铜冶炼厂生产过程中，阳极铜以及与阳极铜相关的物质总类型相对较多，不同物质在检测方面要求并不相同，实际调查过程中需要根据不同物质进行针对性的检测，明确物质的总量以及物质的在本工序的占比等。对阳极铜进行检测以及分析时，重点在于分析判断生产控制样的对比结果，根据该结果能够最终获取生产控制样的平均值，平均值在后续对比以及分析过程中即能够直接使用，且能够获取相对较为准确的结果。

6. 根据案例铜冶炼厂的生产工艺，该冶炼厂所有生产工序当中能够产出阳极铜的工序包括 RF 工序以及电解工序，两个工序由于冶炼的精度以及侧重点不同因此产生的阳极铜类型并不相同。冶炼厂生产过程中 RF 工序产出的阳极铜主要为符合基本要求的合格阳极铜，RF 工序产出的合格阳极铜并非该冶炼厂的最终产品，需要通过后续的精炼才能够产出品质更高的铜；电解工序产出的阳极铜则为修正阳极铜，修正阳极铜属于精炼铜的类型，与初级产品合格阳极铜相比，修正阳极铜当中杂质含量更少、金属的纯度更高，即通过电解环节后对案例冶炼厂而言金属的平衡效果更好。考虑到上述因素，尤其 RF 工序产出的合格阳极铜当中杂质含量相对较多的因素，因此本次调查时并未使用 RF 工序阳极铜产出量作为考核标准，为选择以电解工序修正阳极铜产出量作为标准。

考虑到季节等可能造成的影响，为尽量减少环境因素等对统计结果的影响，本次调查将周期定为一 年，目的在于通过一年周期的整体调查以及统计能够获得更为全面并且准确的统计结果，且对一年调查统计的数据进行加权处理后，最终的结果与实际的一致性能够得到更为有效的保障。本次调查，完全按照上述的规范完成每月相关数据的统计以及分析，每个季度根据调查统计的需求情况，对所有调查数据进行了统一性的分析以及整理，使得所有数据能够在同一个标准下进行分析以及对比。根据上述标准进行各工序相关数据的调查以及分析，能够获得较为完善并能够反馈准确结果的数据，以上述要求以及标准对铜冶炼过程中杂质元素流动方向以及富集情况进行分析，能够得到相对较为全面的结果，能够基本满足杂质元素走向以及富集等情况调查的各项需求。

二、结果分析

四种主要杂质元素的产出比统计结果为，砷元素的产出比为 1.0478、锑元素的产出比为 0.8522、铋元素的产出比为 0.9902、铅元素的产出比为 0.9378。上述所有杂质元素当中，锑元素的产出比误差相对较大，其他三种元素的产出比均在 6% 以内。根据统计结果可知，部分物料当中杂质元素的含量相对较少，本次统计选择的物料为其中杂质元素含量相对较多的元素，整体而言纳入统计范围内的物料已经能够反映上述四种主要杂质元素在冶炼过程以及制酸过程的带入情况。

上文统计表显示，所有物料当中转炉渣、电炉渣、铜砷滤饼、黑铜泥、FF 烟尘以及白烟尘当中砷、锑、铋以及铅杂质含量较高，因此整体而言上述物料更为适合作为二次回收以及利用的物料使用。根据上表统计，对四种元素的产出比进行转换的最终结果显示，砷元素的投入产出百分比为 87.39%、锑元素的投入产出百分比为 62.41%、铋元素的投入产出百分比为 74.08%、铅元素的投入产出百分比为 78.14%。根据不同物料进行分别统计的结果如下所示。

砷元素统计结果。砷在转炉渣当中占比 3.13%，在电炉渣当中占比 28.06%，在铜砷滤饼当中占比 5.27%，在黑铜泥当中占比 16.30%，在 FF 烟尘当中占比 29.58%，在白烟尘当中占比 5.05%，在其他物料当中占比 12.61%。

锑元素统计结果。砷在转炉渣当中占比 9.78%，

在电炉渣当中占比 33.42%，在铜砷滤饼当中占比 0.06%，在黑铜泥当中占比 4.87%，在 FF 烟尘当中占比 13.59%，在白烟尘当中占比 0.69%，在其他物料当中占比 37.59%。

铋元素统计结果。砷在转炉渣当中占比 2.95%，在电炉渣当中占比 15.72%，在铜砷滤饼当中占比 2.37%，在黑铜泥当中占比 5.98%，在 FF 烟尘当中占比 27.00%，在白烟尘当中占比 20.06%，在其他物料当中占比 25.92%。

铅元素统计结果。砷在转炉渣当中占比 21.24%，在电炉渣当中占比 26.40%，在铜砷滤饼当中占比 0.26%，在黑铜泥当中占比 0.77%，在 FF 烟尘当中占比 15.94%，在白烟尘当中占比 13.53%，在其他物料当中占比 21.86%。

当前受市场变化的直接影响，铜冶炼厂原材料当中冷铜的比例不断提高，尤其杂质含量相对较高的冷铜，其杂质引入已经达到精铜矿杂质引入总量 15% 到 25% 左右。整体来看，冷铜引入的杂质在铜冶炼过程中已经形成较大的影响。对不同原材料的分别统计显示。在砷杂质的带入方面，精铜矿带入的砷杂质总体占比约为 76.33% 左右，冶炼使用石英砂带入的砷杂质总体占比约为 5.37% 左右，冷铜带入的砷杂质总体占比约为 18.30% 左右，冷铜带入砷杂质占比已经达到总体占比第二位；在铋杂质的带入方面，精铜矿带入的铋杂质总体占比约为 72.96% 左右，冶炼使用石英砂带入的铋杂质总体占比约为 8.73% 左右，冷铜带入的铋杂质总体占比约为 18.31% 左右，冷铜带入铋杂质占比已经达到总体占比第二位；在铋杂质的带入方面，精铜矿带入的铋杂质总体占比约为 75.11% 左右，冶炼使用石英砂带入的铋杂质总体占比约为 18.29% 左右，冷铜带入的铋杂质总体占比约为 6.60% 左右，冷铜带入铋杂质总量同样已经相对较高；在铅杂质的带入方面，精铜矿带入的铅杂质总体占比约为 84.28% 左右，冶炼使用石英砂带入的铅杂质总体占比约为 1.73% 左右，冷铜带入的铅杂质总体占比约为 13.99% 左右，冷铜带入铅杂质占比已经达到总体占比第二位。

在对外排放方面，砷元素以及铅元素均主要以烟气的形式直接排放入大气当中，对该厂烟气排放的统计结果显示，该厂干燥烟气排放总量为 8.49 亿 m^3 左右，干燥烟气当中砷元素总含量为 0.42t

左右，占据该厂砷元素排放总量的 0.02%；铅元素总含量为 0.43t 左右，占据该厂铅元素排放总量的 0.01%。另一种重要烟气环保尾气的排放总量为 9.42 亿 m^3 左右，环保尾气当中砷元素总含量为 2.21t 左右，占据该厂砷元素排放总量的 0.09%；铅元素总含量为 2.12t 左右，占据该厂铅元素排放总量的 0.05%。

结语：

对砷、铋、铊、铅四种杂质元素的追踪结果显示，上述四种元素确实属于铜冶炼过程中存在比例相对较高的杂质元素，四种元素当中砷元素的产出比为 1.0478、铋元素的产出比为 0.8522、铊元素的产出比为 0.9902、铅元素的产出比为 0.9378。包括炉渣、滤饼、铜泥以及烟尘等在内杂质元素的富集总量均相对较高，且上述物质产生的环节即为杂质元素带入量相对较多的环节。由于上述物质当中杂质元素含量相对较高，因此在铜冶炼副产品再次利用时，上述物质同样是利用价值相对较高的物质。

参考文献：

- [1] 王小平，周振联. 石灰铁盐法除砷中和渣的资源化制砖 [J]. 环境工程，2013，21（5）：46-48.
- [2] 王放. 基于 MetCal 软件探究铜冶炼厂砷分布情况 [J]. 世界有色金属，2019，0（13）：5-6.
- [3] 张理勤，俞伟，甘浩，王晓春，杨俊奎. 影响阳极铜品质的主要杂质元素走向和分布 [J]. 有色设备，2020，34（6）：32-35.
- [4] 郑雅杰，张胜华，龚昶. 含砷污酸资源化回收铜和砷的新工艺 [J]. 中国有色金属学报，2013，23（10）：2985-2992.
- [5] 朱瑾，楼子墨，王卓行，徐新华. 铁锰氧化物/碳基复合材料的制备及其对水中砷的去除 [J]. 化学进展，2014，26（9）：1551-1561.
- [6] 董准勤，李雪山，陈涛. 铜、铅冶炼过程中铋的综合回收及利用 [J]. 湖南有色金属. 2020，（6）.
- [7] 张雪莲. 高砷废渣中锡的测定方法研究 [J]. 湖南有色金属. 2021，（1）.
- [8] 闫华龙，代红坤，阮茂光等. 旋浮熔炼中铅元素分布行为分析 [J]. 湖南有色金属. 2023，39（4）.
- [9] 俞伟. 闪速冶炼过程中烟尘及杂质分布探究 [J]. 黄金. 2023，44（9）.