白云鄂博磁矿一段永磁尾矿旋溢选别稀土研究

赵迎顺

(包钢集团宝山矿业有限公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了白云鄂博矿中稀土的一些基本特性和北方稀土选别稀土精矿的现状;对白云鄂博磁矿在包钢选矿厂阶段磨选一段永磁尾矿经旋流器得出的溢流矿进行了浓度、品位、粒度等分析;确立了旋流器溢流矿选别高品位稀土精矿的工艺技术路线和技术指标,为工业试验的顺利开展奠定了基础;稀选厂利用原有生产工艺基本实现了对此旋流器溢流矿的工业选别。

关键词: 稀土;选矿;阶段磨选;磁矿;旋流器溢流

中图分类号: TD955 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)05-0035-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.05.010

Study on Grading Rare Earth with Overflow of Swirler for First Section Permanent Magnetic Tailings of Bayan Obo Magnetite

Zhao Ying-shun

(*Baoshan Mining Co., Ltd. of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, some basic characteristics of rare earth in Bayan Obo Mine and the present situation of grading rare earth concentrate in North Rare Earth High-tech Co., Ltd. are introduced; the concentration, grade and granularity of overflow mine obtained by the first section permanent magnetic tailings of Bayan Obo Magnetite after stage-grinding and stage-separating in Dressing Plant of Baotou Steel with swirler are analyzed; the technical route and technical index for grading high grade rare earth concentrate with overflow mine of swirler are established, which lay a foundation for the smooth development of industrial test. The industrial grading for overflow of swirler has been realized in the Rare Earth Dressing Plant with the original production technology.

Key words: rare earth; separation; stage-grinding and stage-separating; magnetite; overflow of swirler

当前中国和世界上其它国家开采出来的稀土矿石中,稀土氧化物含量只有百分之几,甚至更低,为了满足冶炼的生产要求,在冶炼前经选矿,将稀土矿物与脉石矿物和其它有用矿物分开,以提高稀土氧化物的含量,得到能满足稀土冶金要求的稀土精矿。稀土矿的选矿一般采用浮选法,并常辅以重选、磁选多种组合的选矿工艺流程[1]。白云鄂博铁、铌、稀土共生矿床不仅稀土储量居世界之最,而且稀土元素含量高、种类多。稀土矿物中轻稀土占79%,钐、铕比美国芒顿帕斯稀土矿高一倍,尤其是铈、钕等稀土元素含量丰富,具有重要工业价值。从稀土氧化物的构成明显反应出富铈贫钇,高富集钐、铕、钕等特点,矿物中氧化镧、氧化铈、氧化镨、氧化钕含量分别占稀土氧化物总量的25%、50%、6%、16%左右。

收稿日期: 2018-02-12

作者简介: 赵迎顺(1988-),男,内蒙古呼和浩特市人,工程师,现从事矿物加工专业技术工作。

钐、铕多富集在易解石矿物中，其含量为氟碳铈矿的1.25倍，为独居石的3～4倍。这是国内外其他稀土矿床少有的稀土氧化物组成特征[2]。通过资源综合利用来提高资源利用率是世界性的潮流。稀土资源作为一种有多种重要用途的不可再生资源，在国民经济和国防建设中有着极其重要的战略意义，而白云鄂博铁矿石中共生稀土元素的潜在工业价值更是十分重大。已有不少研究者针对我国丰富的稀土资源开展了各种研究工作[1,3]。北方稀土作为世界上最大的稀土精矿生产基地，其生产稀土精矿的原料来自包钢选矿厂，根据多年来对稀土精矿的研究与生产实际，积累了大量的理论基础与生产经验。但对一些陌生矿浆的选别还需做一些试验研究，如对选矿厂阶段磨选一段永磁尾矿旋流器溢流矿选别高品位稀土精矿的试验研究。

1 研究背景

北方稀土生产稀土精矿的原料来自包钢选矿厂，包钢选矿厂分为连续磨选和阶段磨选两种选铁工艺，目前北方稀土稀选厂利用包钢选矿厂四、五系列连续磨选作业中的弱磁尾矿（以下简称弱磁尾矿）进行稀土选别，但是选矿厂由于原料原因，大部分时间只能运转一个系列，造成北方稀土稀选厂的来矿量不足，处于半停产的状态。平均生产50%品位稀土精矿6 000 t/月，而目前市场上50%品位稀土精矿需求量大约在10 000 t/月，存在供不应求的情况。且无法完成公司既定的全年生产任务。鉴于此历史背景，北方稀土考虑引入包钢选矿厂阶段磨选流程中的六、七系列一段永磁尾矿旋流器溢流矿补充稀选厂原料不足的问题，对于满足市场需求，完成全年生产任务具有重要的现实意义。但是这部分矿源同连续磨选磁选尾矿（原矿）相比，具有粒度细、矿泥量大、团聚现象严重、选别难度大等特点，在控制药剂消耗、稀土回收率上也存在较大的难度。

2 选矿试验研究

2.1 旋流器溢流矿性质

选矿厂六、七系列阶段磨选一段永磁尾矿原本是直接排尾，而由于排尾溜槽较长，粗颗粒矿物易沉淀，常出现溜槽堵塞的情况。选矿厂采用对尾矿进行旋流器分级的办法，将旋流器溢流矿通过溜槽排走，而旋流器沉沙通过泵排入尾矿坝。稀选厂将选矿厂六、七系列这部分旋流器溢流矿作为矿源补充。旋流器溢流矿浓度、品位分析见表1。

表1 2017年选矿厂六、七系列一段永磁尾矿旋流器溢流浓度、品位分析（质量分数） %

时间	2月17日	2月20日	2月24日	3月3日	3月9日	3月15日
浓度	11.50	10.54	11.84	10.50	11.00	10.30
REO品位	11.34	10.36	9.70	11.20	11.89	10.58
TFe品位	6.5	7.0	7.1	6.9	6.4	6.8

从表1可以看出，旋流器溢流的矿浆浓度基本维持在10%～11%之间，矿浆中稀土氧化物品位在10%左右波动，指标相对较高，有利于浮选作业要求。矿浆中TFe含量偏低，也有利于下一步作业。旋流器溢流矿粒度分析见表2。

表2 选矿厂六、七系列一段永磁尾矿旋流器溢流矿筛分试验

粒级/mm	试样1/%		试样2/%	
	个别	累计	个别	累计
+0.074	0.1			0.1
-0.074+0.044	1.5	1.6	1.7	1.8
-0.044+0.037	3.7	5.3	4.2	6.0
-0.037+0.030	5.0	10.3	5.2	11.2
-0.030	89.7	100.0	88.8	100.0
Σ	100			100

通过对旋流器溢流矿的两次粒度筛分试验，可以看出，经过旋流器分级出的溢流矿粒度较细，0.030 mm以下粒级含量达到90%，这对浮选作业是一个挑战，因为稀选厂的浮选作业从建厂至今从未选别过如此细粒级的矿源。稀选厂选矿车间最开始选别的矿源是来自选矿厂氧化矿强磁中矿，矿浆粒度在0.074 mm以下粒级含量在85%左右，TFe含量在18%左右，浮选的选别效果较好。稀选厂复产改造所接收的矿浆为选矿厂四、五系列的粗选永磁尾矿，矿浆粒度0.074 mm以下占86.4%左右，从前期的浮选选别效果来看，复产改造取得了较大成功。现利用当前生产工艺流程对旋流器溢流矿与弱磁尾矿进行综合选别，工艺流程见图1。

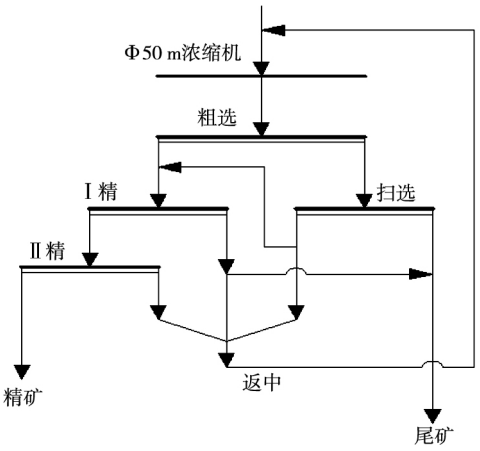


图 1　生产工艺流程图

2.2　旋流器溢流矿与弱磁尾矿综合试验研究

捕收剂为现用的 P8，浓度控制在 4%；抑制剂为水玻璃，波美度在 22%，试验所用干矿为 600 g，对旋流器溢流矿与弱磁尾矿进行了不同配比试验。旋流器溢流矿中稀土品位 10.82%，弱磁尾矿中稀土品位 10.54%。

表 3　综合浮选粒度分析

粒级/mm	旋流器溢流矿/%	弱磁尾矿/%
-0.074	98.4	86.4
-0.044	96.5	78.6
-0.037	94.6	56.5

由表 3 可知，旋流器溢流矿粒度较弱磁尾矿偏细。

根据选矿厂不同系列来矿的实际情况，试验中对旋流器溢流矿与弱磁尾矿分别进行不同配比试验，包括旋流器溢流矿与弱磁尾矿进行 1∶1 配比（试验 1）、100% 旋流器溢流矿（试验 2）、旋流器溢流矿与弱磁尾矿进行 1∶2 配比（试验 3）、100% 弱磁尾矿（试验 4）等 4 组试验。与当前生产实际中的加药方式与加药点相同，前三组试验药剂量粗选捕收剂控制在 15 mL，Ⅰ精捕收剂加药量控制在 5 mL；水玻璃粗选控制在 40 mL，Ⅰ精控制在 20 ml。试验 4 中粗选捕收剂加药量控制在 35 mL，Ⅰ精捕收剂加药量控制在 8 mL；水玻璃粗选控制在 5 mL，Ⅰ精控制在 3 mL，试验数据见表 4。

表 4　试验样次及结果

指标	试验 1	试验 2	试验 3	试验 4
旋流器溢流矿稀土品位/%	10.82	10.82	10.82	
弱磁尾矿稀土品位/%	10.54		10.54	9.83
Ⅱ精稀土品位/%	56.13	52.79	59.88	49.79
Ⅱ精干量/g	57.0	68.7	50.2	66.1
尾矿稀土品位/%	5.02	3.74	5.22	2.90
精矿产率/%	9.50	11.45	8.37	11.02
回收率/%	49.26	56.93	47.76	55.85

由以上试验可以看出，在旋流器溢流矿与弱磁尾矿进行不同质量的配比选别试验后，Ⅱ精稀土品位基本能维持在 55% 左右，尾矿中稀土品位维持在 2% ~5% 之间，回收率相对较高，精矿产率也较为理想。但从试验中观察到泡沫颜色略显发红，泡沫虚化程度相对较大，浮选泡沫中精矿沉降效果不佳，这可能与旋流器溢流矿的粒度偏细，含泥量较大等因素有关，有待进一步试验验证。通过旋流器溢流矿与弱磁尾矿的综合试验，基本可以实现正常选别的目的，为下一步接收旋流器溢流矿矿提供了可靠的理论依据。

3　工业试验研究

3.1　工艺流程介绍

稀选厂选矿车间的稀土浮选选别工艺流程相对较为成熟。从选矿厂氧化矿强磁中矿和磁矿弱尾矿中选别高品位稀土精矿取得了很好的效果。在 2016 年稀选厂复产时，根据需要在工艺中新增了扫选作业，对于降低尾矿中的稀土品位，提高稀土回收率有重要作用。在进行工业选别旋流器溢流矿中，仍采用现有的浮选生产工艺流程，即一粗一扫二精的工艺流程。矿浆搅拌槽每个系统有 4 台，分别起到加温、加药、混合的目的。矿浆温度经过加温后进入粗选，一般维持在 70 ℃左右，2# 搅拌槽加抑制剂，3# 搅拌槽加捕收剂，在 4# 搅拌槽中药剂与矿浆进一步的接触与矿化。浮选机采用的是 JJF -4 与 SF -4 型浮选机，每个系统共有浮选机 23 台。

3.2　工业试验

稀选厂在接收旋流器溢流矿后，对各种来矿情况进行了统计与总结，其中包括选矿厂单纯旋流器溢流

矿、旋流器溢流矿与弱磁尾矿同时送矿、单纯弱磁尾矿送矿等情形。在选矿厂单纯进行旋流器溢流矿送矿的情形下，来矿浓度普遍在7%～10%之间，且矿量不大，再加上旋流器溢流矿本身的粒度细，使得很大一部分极细矿粒与矿泥随着1#Φ50 m与5#Φ50 m浓缩机溢流排走，造成进入浮选作业流程的矿浆浓度相对偏低，通常浓度只能维持在40%～45%之间，迫使浮选作业流程只能单系统运转，有时浓度太低无法达到选别要求时，被迫停车。生产中在单独旋流器溢流矿进行浮选选别时，最初浮选现象是矿浆矿化效果不好，泡沫普遍发虚，金属感不强，泡沫较大且易碎；色泽上发红，有时灰化程度较强。通过现场取样及涮盘，发现矿粒粒度太细，含泥量与萤石含量也较高。从精矿Φ18 m浓缩机的溢流浑浊与精矿产品的水份偏高和品位偏低等综合因素分析判断，主要是矿粒粒度太细、含泥量偏大等因素造成选别与过滤效果较差。当精矿浓缩机中补加水加大时，过滤出的精矿产量偏低，品位基本合格；当补加水减少时，精矿产量有所提升，但品位略有波动。

针对这一情况，对浮选与过滤生产工艺进行了调整，由于旋流器溢流矿粒度细与含泥量大，药剂消耗较大，而现有的药剂加药点不足且加药管线偏细。对粗选加药管线进行了加粗改造，对Ⅱ粗新增了一个捕收剂加药点，操作上控制矿浆给入量，延长浮选作业时间，促使二次富集的连续形成。根据实际情况，有效控制精矿浓缩机的补加水与内循环的时间，以降低细粒稀土精矿随溢流流失的概率。经过一段时间的总结与工业试验，选矿厂单纯旋流器溢流矿送矿，原矿稀土指标基本维持在8.5%左右，58%品位稀土精矿均能达50 t/班，尾矿中稀土品位基本能维持在4%左右，实际产率在8%左右，实际回收率在46.4%左右，基本实现对选矿厂阶段磨选一段永磁尾矿旋流器溢流矿的工业选别目标。

在旋流器溢流矿与弱磁尾矿混合进入浮选作业流程的工业试验中，由于旋流器溢流矿作为补充矿源，对于浮选入选矿浆的浓度、矿量以及金属量的提升有重要作用，可实现稀选厂生产线的全负荷运转。从浮选的效果来看，旋流器溢流矿对生产现场的实际操作影响不大，只是在Ⅱ粗的位置新增一处加药点，以稳定药剂在矿浆中的浓度。原矿中稀土品位基本维持在9%左右，从产品的质量上能实现58%品位稀土精矿的产出，尾矿品位基本维持在3.8%左右，实际回收率达到45%左右，较好地实现高品位稀土精矿的产出。

4 结束语

从小试试验与工业试验可以看出，白云鄂博磁矿阶段磨选一段水磁尾矿经旋流器得出的溢流矿，利用单纯的浮选选别工艺可以实现高品位稀土精矿的工业选别目标。此工业目标的实现，对于稀选厂完成全年的生产任务起到了重要作用；该工业选别的方法，为今后选别类似矿物总结了经验，提供了依据。

参 考 文 献

[1] 车丽萍，余永富. 我国稀土矿选矿生产现状及选矿技术发展[J]. 稀土，2006，2(1)：3－5.

[2] 罗明标，杨枝，郭国林，等. 白云鄂博铁矿石中稀土的赋存状态研究[J]. 中国稀土学报，2007，25：57－61.

[3] 余永富. 我国稀土矿选矿技术及其发展[J]. 中国矿业大学学报，2001，30(6)：5 372－5 421.

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.05.011

启 事

本刊已加入“万方数据库”、“中国知网”、“维普数据库”等。凡向本刊投递的稿件一经采用，即视为作者同意将作品的网络传播权及电子版使用权授予本刊，本刊一次性给付的稿酬已包含上述授权的费用。若不同意上述内容者，请在投递的稿件上予以特别声明，以便本刊酌情处理。

《包钢科技》编辑部