

离心分选机在贫铁矿选别中的应用

宋英良, 辛思奇, 陈中航

(辽宁科技大学矿业工程学院矿物加工工程系, 辽宁 鞍山 114051)

摘要: 我国铁矿资源贫、细、杂的特点越来越突出, 伴随着国家节能、降耗、高效、环保政策的提出, 使得重选设备的应用在贫铁矿的选别中的地位显得尤为重要。离心分选机是回收微细矿泥中 useful 矿物的一种高效重选设备, 在试生产流程中应用十分广泛。通过总结离心分选机的使用现状, 根据离心分选机分选的基本原理及其现场应用实践, 分析了离心分选机的典型应用工艺以及在选别中的作用。

关键词: 磁选柱; 离心分选机; 螺旋溜槽; 摇床

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2019.05.029

中图分类号: TD951

文献标识码: A

文章编号: 1000-6532 (2019) 05-0140-05

离心分选机是在弱紊流流态下, 利用离心力来强化流膜分选, 试现不同密度矿粒之间分离的一种重选设备, 广泛应用于微细粒级黑色、有色及稀贵金属矿物的分选回收, 也可以用于各种矿山尾矿中微细金属矿物的回收。离心分选机具有结构简单, 单位面积处理量大, 回收粒度下限低、能耗小、不污染环境、选矿成本低等一系列优点, 在某些场合甚至可以代替浮选, 因此逐渐为人们所重视^[1]。

离心分选机适合处理 $-74\ \mu\text{m}$ 粒级的矿泥, 有效选别粒度范围在 $74 \sim 13\ \mu\text{m}$ 之间, 给矿中含粗颗粒重矿物时分选效率降低。也就是说应用离心分选机处理细粒级物料选别效果较好, 离心分选机的这个特点决定了, 在铁矿分选中若将它与其他设备联合使用, 就能够取得较好地分选指标。

离心分选机在处理鞍山式贫铁矿时, 充分利用了铁矿物嵌布粒度粗细不均的特点, 比较合理地与其他设备相配合, 取得了较好的选别指标。例如, 凌钢保国铁矿赤铁矿选厂采用离心分选机, 应用“阶段磨矿、粗细粒级分选, 螺旋溜槽-强磁选-离心分选机工艺”, 在原矿铁品位 30.09% 的条件下, 获得精矿铁品位 60.64%, 精矿产率 33.23%, 铁回

收率 68.95%, 尾矿铁品位 13.67% 的较好指标。本文试对应用离心分选机改善贫铁矿选矿指标进行分析, 来探讨合理使用离心分选机的方法^[2]。

1 离心分选机应用的依据

1.1 离心分选机合理的选别粒度范围

离心分选机很多学者在理论上和试践上对离心分选机的有效选别粒度范围进行了大量的研究工作, 大家一致认同的有效分选粒度范围在 $74 \sim 13\ \mu\text{m}$ 之间。笔者以离心分选机处理鞍钢弓长岭赤铁矿的选别指标为例简要加以说明, 试验数据见表 1。

表 1 离心分选机处理弓长岭赤铁矿各粒级回收率
Table 1 The iron recovery in classes with centrifugal separatory

粒级/ μm	+74	-74+53	-53+37	-37+26	-26+18	-18+13	-13+9	-9
富集比	1.95	2.03	1.55	1.32	1.12	1.10	1.11	1.13
回收率/%	54.76	61.51	78.55	78.38	87.43	66.0	46.3	14.69

从选别结果来看, 离心分选机选别 $-74+533\ \mu\text{m}$ 、 $-53+373\ \mu\text{m}$ 、 $-37+263\ \mu\text{m}$ 、 $-26+183\ \mu\text{m}$ 和 $-18+13\ \mu\text{m}$ 各个粒级的回收率均在 60% 以上, 而 $+743\ \mu\text{m}$ 和 $-13+9\ \mu\text{m}$ 级别的粒级回收率分别为 54.76% 和 46.36%, 较以上几个级别明显偏低, 而 $-9\ \mu\text{m}$ 级别的回收率只有 14.69%, 回收效果较差, 这也说明

收稿日期: 2018-07-31

作者简介: 宋英良 (1997-), 男, 在读本科学学生, 研究方向为选矿工艺和设备的研究。

通讯作者: 陈中航 (1971-), 男, 讲师, 主要从事选矿工艺和设备的研究和教学工作。

了离心分选机的选别范围基本在 $-74+13\text{ }\mu\text{m}$ 之间^[3]。从富集比来看, $+743\text{ }\mu\text{m}$ 、 $-74+533\text{ }\mu\text{m}$ 和 $-53+37\text{ }\mu\text{m}$ 粒级富集比较高, $-37+26\text{ }\mu\text{m}$ 粒级富集比中等, 而 $-26\text{ }\mu\text{m}$ 粒级富集比较低, 仅为 1.1 左右, 分选效果不好。

1.2 离心分选机合理的给料方式

离心分选机在处理宽级别的物料时，为了适应粗粒的分选要求，紊流度要大些，这就使部分细粒铁矿物因不能很好的离心沉降而混入到尾矿中去从而影响选别指标。通常情况下，离心分选机的给料方式以窄级别为好，即分级入选比混合入选效果要好。

因此在离心分选机给料时，如果要求的富集比较高时尽量满足窄级别给料，如果要求的富集比不是很高时，可以考虑适当放宽给料粒度范围。

2 离心分选机选别流程种类

应用离心分选机选别贫铁矿时要从两个方面来考虑：一是要尽量提高离心分选机的选别效率，二是根据具体工艺流程的要求决定他与其他选别设备的合理配置。离心分选机选别流程大体上可分为以下四种：

- (1) 螺旋溜槽 - 离心分选机并联流程;
- (2) 摇床 - 离心分选机并联流程;
- (3) 强磁选机 - 离心分选机串联流程;
- (4) 磁选柱 - 离心分选机串联流程。

3 典型的离心分选机选别流程分析

3.1 螺旋溜槽-离心分选机分选工艺

鞍钢弓长岭选矿厂是我国第一座采用磁选-重选流程处理细粒嵌布假象赤铁矿石的选矿厂。

图1为鞍钢弓长岭选矿厂的生产流程。其原矿铁品位为29.5%，有用矿物为赤铁矿和磁铁矿，主要脉石矿物为石英，另有少量绿泥石、方解石和角闪石。铁矿物嵌布粒度较细，多数介于125 ~ 37 μm 之间。其磁铁矿精矿的产率占原矿的10%左右，铁品位在65%上下，主要通过连续磨矿、弱磁选-细筛自磨流程获得精矿。弱磁选尾矿主要通过离心分选机和螺旋溜槽来获得最终精矿。

三段离心分选机选别细粒级，两段螺旋溜槽选别处理粗粒级。三段离心分选机获得的精矿铁品位 65%、产率 21.57%，占选矿厂总精矿的三分之二。

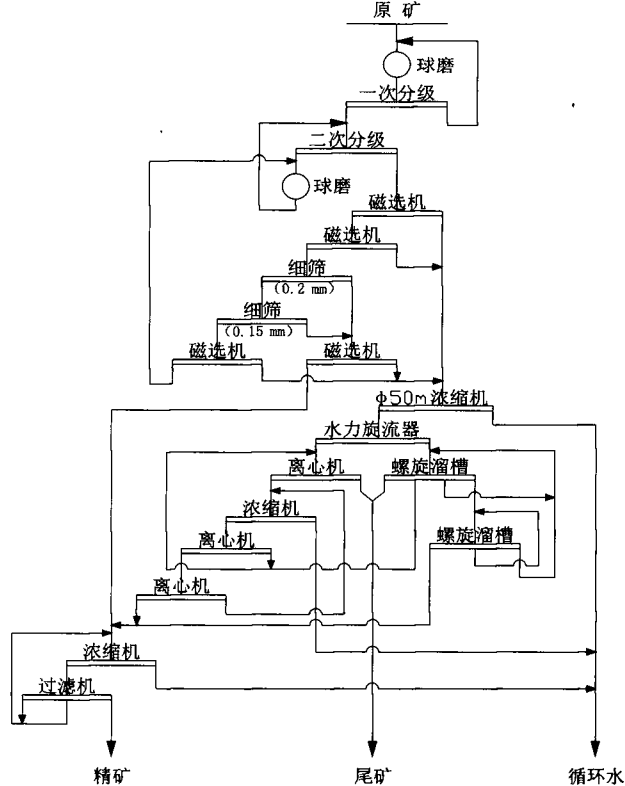


图1 鞍钢弓长岭选矿厂赤铁矿磁选-重选流程

Fig. 1 The magnetic separation and gravity separation flowchart of Anshan hematite ore

该流程特点:

- (1) 一段离心分选机和一段螺旋溜槽共同抛尾，一段选别后可以抛弃产率达到 68% 左右的尾矿，较大幅度地节约了后续作业的生产成本。
- (2) 三段离心分选机精选和两段螺旋溜槽精选相互配合，能有效地发挥螺旋溜槽和离心分选机各自的优点。螺旋溜槽对矿量和浓度的变化适应性较强，指标稳定，运行成本低，能够取得合格的粗粒精矿，而离心分选机适宜处理细粒级产品，经过水力旋流器粗细粒分级后分别给入螺旋溜槽和离心分选机，试现了窄级别入选，有利于提高选矿技术指标。
- (3) 应用离心分选机处理细粒级物料，可以有效剔除单体脉石和贫连生体，其精矿铁品位可以从 25.47% 提高到 65.00%。
- (4) 该磁选 - 重选流程工艺可靠，选矿指标

较好, 生产成本低。

上述流程也存在一定缺点: 当原矿 FeO 含量波动较大时, 重选给矿不稳定, 使得指标波动较大, 不便于控制。另外设备台数较多, 生产中采用 $\phi 800 \times 600$ 离心分选机, 粗选 480 台, 精选 240 台, 共 720 台, 由于辅助部件发生故障, 给生产维护带来很大负担。后由于多种原因, 离心分选机被拆除, 但是螺旋溜槽 - 离心分选机这种选别工艺还是有一定的可取性, 这一点是值得肯定的。

3.2 摇床 - 离心分选机分选工艺

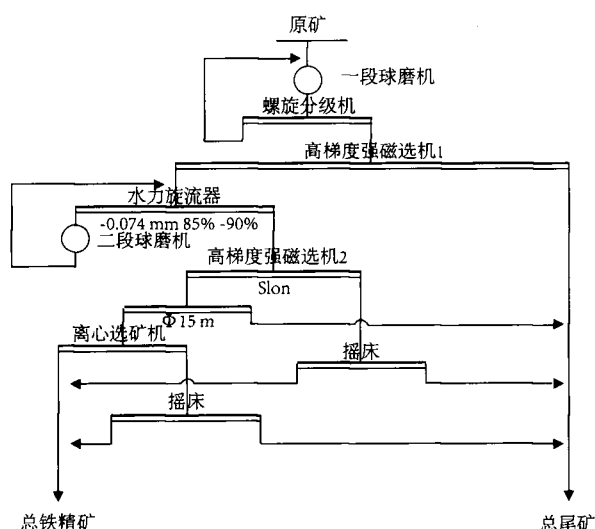


图 2 某低品位镜铁矿选别流程

Fig. 2 The processing flowchart a low-grade specularite ore

图 2 为一座日处理 500 t 的低品位镜铁矿原矿的选矿厂的生产流程。在该流程中, 离心分选机与摇床联合使用, 离心分选机处理经浓缩后的强磁选精矿, 在给矿铁品位 48.84%、产率 32.80% 的条件下, 可以获得铁品位 62.25%、产率 17.78% 的精矿, 这是利用了离心分选机的处理量相对较大, 粒度回收下限低, 富集比不够高的特点; 摇床处理强磁选尾矿和离心分选机尾矿, 则是利用了摇床选别精度较高, 富集比较大, 处理量相对较小的特点。

该流程具有流程简单, 选别指标较好, 生产成本低的特点, 比较适用于中小型选矿厂。

3.3 强磁选机 - 离心分选机分选工艺

强磁选机和离心分选机相互配合主要用于选

别鞍山式氧化矿, 图 3 为凌钢保国铁矿混合矿选别工艺流程。

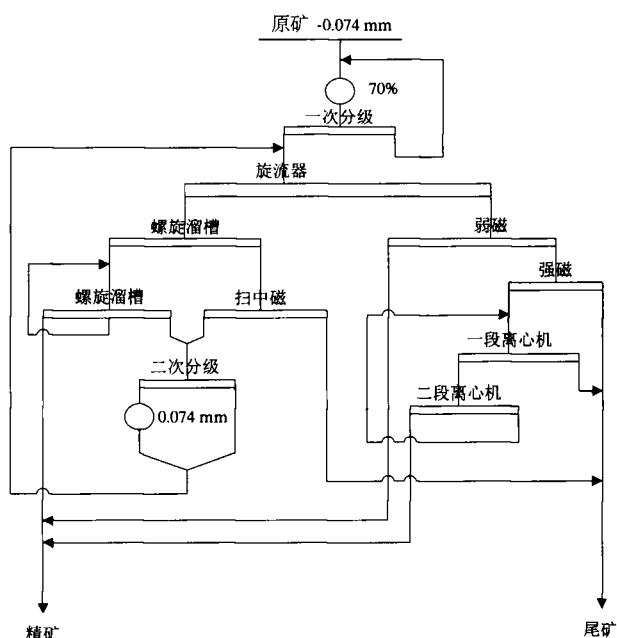


图 3 凌钢保国铁矿混合矿选别工艺流程

Fig. 3 The processing flowchart a blend iron ore in Baoguo Mine

原矿物相分析和化学多元素分析表明, 原矿中的铁矿物主要是磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿和碳酸铁, 脉石矿物主要以石英为主, 含硫磷等有害杂质较少。由于原矿中脉石矿物嵌布粒度较粗, 在粗磨时适合采用重选抛尾, 因此采用粗细粒级分选, 试现窄级别入选, 使不同作业、不同设备的入选粒度更为合理。经过粗细粒级分选后的细粒级部分, 经强磁选机选别后, 强磁选精矿给入离心分选机选别。既利用了强选磁机来有效抛尾, 又利用离心分选机较高的富集能力来提高精矿品位, 达到既抛尾又获得精矿的目的。

3.4 磁选柱 - 离心分选机分选工艺

磁选柱 - 离心分选机分选工艺主要用于选别磁铁矿, 目前还处于试实验室试验阶段。磁选柱是目前“提铁降硅”工艺改造中普遍使用的一种高效分选设备, 例如在本钢南芬选矿厂、本钢歪头山铁矿和通钢板石选矿厂均大规模应用磁选柱作为最后一段选别设备来提高精矿铁品位。生产

考查数据表明,磁选柱提高精矿质量效果明显。但是在应用磁选柱精选的同时,产生了大量的磁选柱尾矿,这部分尾矿量多和铁品位较高,而且尾矿中含有大量的已经单体解离的磁铁矿和磁铁矿富连生体。目前的办法是将这部分磁选柱尾矿经浓缩磁选后返回二次球磨。已经单体解离的磁铁矿返回到二次球磨很容易造成过磨,导致循环负荷加大,而恶化选别指标^[4-5]。

根据磁选柱尾矿的组成,笔者进行了磁选柱尾矿离心分选机再选试验。把磁选柱尾矿给入离心分选机,通过离心分选机扫选拿出一部分单体磁铁矿和富连生体。试验研究表明,铁品位为56.27%的磁选柱尾矿经离心分选机选别后,可以从中有效分离出单体磁铁矿颗粒和富连生体颗粒,提前获得产率68.88%,铁品位为66.98%的一部分合格铁精矿,而把其余产率为31.12%,铁品位为34.53%的尾矿经浓缩磁选后返回二段磨矿,磁选柱和离心分选机的有效配合达到了既抛弃尾矿又获得精矿的目的^[6-7]。磁选柱尾矿离心分选机再选工艺流程见图4。

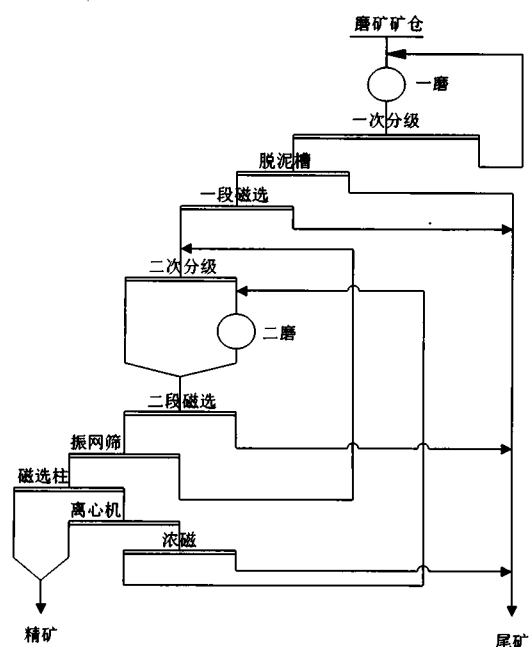


图4 磁选柱尾矿离心分选机再选工艺流程

Fig. 4 The magnetic separation and centrifuge separator flow

该流程特点:

(1) 磁选柱精选,离心分选机抛尾,二者相互配合使用,既保证了精矿品位,又保证了回收率。

(2) 应用离心分选机处理磁选柱尾矿,能够有效分离出其中的单体细粒磁铁矿和富连生体,既能够提前拿出一部分合格精矿,又可以减少了磁选柱尾矿的返回量,能够有效提高铁回收率。

(3) 该工艺具有流程短、工艺可靠、生产稳定、指标先进等特点。

4 结 语

(1) 应用离心分选机处理细粒级物料,经过一段选别就能够获得一定产率的合格铁精矿。它与其他选别设备配合使用,来处理贫赤铁矿和磁铁矿物料,可以取得较好的选别指标。

(2) 离心分选机有其有效的粒级回收范围,对入选物料预先粗细粒级分级,尽量满足窄级别入选是提高离心分选机选别效率的有效措施。

(3) 离心分选机在工业生产中具有分离过程简单,适应性较强,节能和环保等优点,选别细粒贫铁矿效果明显。当要求富集比较高时,可采用两段或三段离心分选机组合工艺,达到既抛弃尾矿又获得精矿的目的。

参考文献:

- [1] 狄家莲,陈荣.强磁-离心分离工艺分选海钢贫铁矿试验研究[J].矿冶工程,2008(1): 43-45.
- [2] 熊大和,Slon 磁选机与离心分选机组合技术分选氧化铁矿[J].金属矿山增刊 2009(11): 95-98.
- [3] 陈禄政,任南琪,熊大和.海钢尾矿强磁-离心分离再选试验研究[J].金属矿山,2006(10): 75-77.
- [4] 赵通林,周伟.磁选柱在弓长岭选矿厂的工业应用[J].金属矿山,2003(5): 22-24.
- [5] 金文杰,朱高淑,曾丽.磁选柱分选攀钢选矿厂粗精矿的试验研究[J].金属矿山,2000(4): 45-47.
- [6] 陈广振,刘秉裕.磁选柱及其工业应用[J].金属矿山,2000(9): 30-31,43.
- [7] 刘秉裕,朱巨建.磁选柱的磁场和分选原理[J].矿冶工程,1997(6): 31-34.

(下转5页)

Processing,2015,51(2):525-546.

[28]Zheng Yongxing, Liu Wei, Qin Wenqing, Han Junwei, Yang Kang, Luo Honglin,Wang Dawei. Improvement for Sulfidation Roasting and its Application to Treat Lead Smelter Slag and Zinc Recovery [J].Canadian Metallurgical Quarterly,2015,54(1):92-100.

[29]Zheng Yongxing, Liu Wei, Qin Wenqing, Jiao Fen, Han Junwei, Yang Kang, Luo Honglin. Sulfidation Roasting of Lead and Zinc Carbonate with Sulphur by Temperature

Gradient Method[J].Journal of Central South University, 2015,22(5):1635-1642.

[30] 郑永兴, 王华, 文书明, 等. 一种含铅锌硫酸盐渣料强化硫化 - 浮选回收铅锌方法 [P]. 中国: CN106947871A,2017.

[31] 韦华祖. 孔雀石硫化焙烧 - 浮选的研究 [J]. 湖南有色金属, 1988(4):33-36.

[32] 刘纯鹏, 华一新, 谢宁涛, 等. 氧化铜矿物硫化速率及其硫化矿相的研究 [J]. 昆明工学院学报, 1986(1):41-51.

Research Status and Development of the Dressing-metallurgy Combination Processing of Refractory Copper Oxides

Pang Jie¹, Zheng Yongxing², Ge Baoliang¹, Lai Zhenning¹, Wang Congbing¹

(1.Faculty of Land Resource Engineering of Kunming University of Science and Technology, Kunming , Yunnan,China; 2.State Key Laboratory of Complex Nonferrous Metal Resources Clean Utilization, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The processing of refractory copper oxides has been a major research topic for both domestic and international beneficiation and metallurgical researchers. In view of the difficult status of the use of refractory copper oxides. Related research and progress of sulfurization-flotation technology in recent years are summarized, mainly introducing two methods of conventional flotation and dressing-metallurgy combination processing. The latter includes the dressing-metallurgy combination processing, including ammonia leaching sulfidization-flotation, hydrothermal sulfidation-followed by warm water flotation and sulfide roasting-flotation. On the part of refractory copper oxides,the dressing-metallurgy combination processing has achieved good research results, and it is the research direction of high efficiency recovery of copper oxide minerals in the future.

Keywords: Copper oxide;Flotation;Sulfide; Dressing-metallurgy combination processing

////////////////////////////////////
(上接 143 页)

Application of Centrifugal Separator in Poor Iron Ore Benefication

Song Yingliang ,Chen Zhonghang

(Department of Mineral Processing Engineering, Mining Engineering Institute, University of Science and Technology, Anshan, Liaoning, China)

Abstract: Iron ore resources in China are characterized by poor, finer and more complicated, accompanied with the policy of energy saving, consumption reduction, high efficiency and environmental protection is put forward, it is become more important for the application of gravity separation equipment. Centrifugal separator is highly efficient separating equipment for recovering useful minerals from fine slime. It is widely used in industrial production. By summarizing the use of centrifugal separator, according to the basic principle and industrial application. The typical application of centrifugal separator and the function of the centrifugal separator are analyzed.

Keywords: Column magnetic separator ; Centrifugal separator; Spiral chute; Shaker