

· 机电与自动化 ·

SLon连续式离心机回收细粒铁尾矿的应用研究

陈禄政^{1,2} 任南琪¹ 熊大和²

(1. 哈尔滨工业大学; 2. 赣州金环磁选设备有限公司)

摘 要 SLon连续式离心机应用水射流束对离心力压实大密度颗粒层的清洗和切割原理,实现离心力场中连续给排料的离心分离过程。该机具有分离效果好、处理能力较大和节能环保等特点。10台 SLon-1600 mm ×900 mm连续式离心机应用于海南钢铁公司,在 SLon强磁粗选-离心机精选回收尾矿的流程中,SLon连续式离心机近3个月的工业试验生产指标为给矿品位 50.52%,铁精矿品位 56.56%,回收率 61.59%,单机处理能力 2.0~3.0 t/h。SLon连续式离心机在海南钢铁公司的成功应用,将产生可观的经济效益和环境效益。

关键词 SLon连续式离心机 回收细粒矿物 SLon强磁粗选-连续离心机精选工艺

Application of SLon Continuous Centrifugal Separators in Recovering Fine Iron Minerals from Mine Tailings

Chen Luzheng^{1,2} Ren Nanqi¹ Xiong Dahe²

(1. Harbin University of Technology; Ganzhou Jinhuan Magnetic Separator Equipment Co., Ltd.)

Abstract SLon centrifugal separators realize a continuous centrifugal separation in centrifugal force field by applying the cleaning and cutting principles of water beam jets to centrifugally pressed large density particle layers. The machines are characterized by good separation, large throughput, energy conservation and environment friendship. 10 SLon-1600 mm x 900 mm units were used in the tailing recovering process of SLon high intensity magnetic separators for roughing and centrifugals for cleaning in Hainan Steel. Nearly three months' industrial test of SLon continuous centrifugal separators achieved a concentrate with a grade of 56.56% and iron recovery of 61.59% from a feed grading 50.25% at a unit throughput of 2.0~3.0 t/h. Its successful application in Hainan Iron and Steel Co. will produce considerable economic and environment benefits.

Keywords SLon continuous separator, Recovery of fine mineral particles, Process of SLon high intensity magnetic separators for roughing and centrifugals for cleaning

我国铁矿资源普遍具有贫、细、杂等特点,生产优质铁精粉工艺流程复杂,导致生产成本高和铁金属回收率较低,有相当部分细粒铁金属流失于尾矿中^[1-4]。目前,我国铁矿山年排放平均含铁约 11%的尾矿量达到 1.3 亿 t,相当于 1 410 万 t 金属铁损失于尾矿中^[5]。另一方面,我国是铁矿资源相对匮乏的国家,人均占有量远低于世界平均水平。因此,研究探索经济合理和环境友好的回收技术和设备,将这种含铁尾矿综合利用、变废为宝,对我国的经济发展所起到的作用将是巨大的。

离心分离技术是分离回收细粒矿物的有效方法之一,具有成本低、无污染,应用时工艺流程相对简单、利于管理等优点^[6]。我国早期研制的系列卧式间断式离心机曾应用于锡、钨、细粒铁矿物等的分选

回收,分选指标优良。但是,间断式离心机工业生产时间断给排料,导致设备故障率很高和处理能力很低的缺点,限制了其在工业生产中的广泛应用,后相继为磁选和浮选等更为先进的分离技术所取代^[6]。因此,对目前国内现有离心机急需研究解决以下两个问题:实现简单有效的连续给排料;增大设备处理能力。

SLon连续式离心机应用水射流束对离心力压实大密度颗粒层的清洗和切割原理,实现离心力场中连续给排料的离心分离过程,具有分离效果好、处理能力较大、适应性强和节能环保等特点。10台

陈禄政(1979—),男,哈尔滨工业大学市政与环境工程学院,赣州金环磁选设备有限公司,博士研究生,150090 黑龙江省哈尔滨市南岗区海河路 202 号。

S_{Lon} - 1600 mm × 900 mm 连续式离心机应用于海南钢铁公司在排尾矿 S_{Lon}强磁粗选 - 离心机精选回收流程中, S_{Lon}连续式离心机近 3 个月的工业生产指标为给矿品位 50.52%, 铁精矿品位 56.56%, 作业回收率 61.59%, 单机处理能力 2.0 ~ 3.0 t/h。S_{Lon}连续式离心机在海钢公司的生产应用, 将产生可观的经济效益和环境效益。

1 S_{Lon}连续式离心机工作原理

S_{Lon}连续式离心机主要由离心转鼓、机架、给矿和卸矿装置等组成(图 1)。其工作原理: 离心转鼓卧式旋转, 转鼓内产生一离心力场。矿浆经给矿装置连续给至离心转鼓的内表面上, 并在转鼓带动下形成一旋转流动薄流膜, 其中颗粒由于受离心力、流体力等不同, 不同颗粒之间按密度差发生选择性分离。大密度颗粒快速离心沉降至转鼓的内表面上, 并在离心力场作用下成压实薄层状精矿层随转鼓一起作旋转运动; 小密度颗粒受离心力场作用较小, 快速流出转鼓成为尾矿。转鼓内卸矿装置连续喷射高压水射流束冲击大密度压实精矿层。在水射流束持续冲击作用下, 大密度压实精矿层局部产生流变, 颗粒间聚集力急剧降低, 并在水射流束冲击作用下落入精矿收集装置得到大密度产品即精矿。

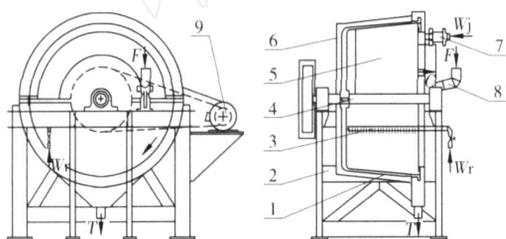


图 1 S_{Lon}连续式离心机结构示意图

- 1 - 离心转鼓; 2 - 机架; 3 - 洗涤装置; 4 - 转鼓主轴;
5 - 精矿收集装置; 6 - 防护机罩; 7 - 卸矿装置;
8 - 给矿装置; 9 - 转鼓电机; F - 给矿; C - 精矿;
T - 尾矿; W_j - 水射流; W_r - 漂洗水

S_{Lon}连续式离心机主要技术参数如表 1 所示。

2 试验研究

目前, 海南钢铁公司排放的尾矿主要来自富粉车间、110 万 t 新建选矿厂、大地选矿厂、铜钴车间以及海钢所有洗矿和地面冲矿形成的综合尾矿。上述各个选矿厂多为独立生产单位, 造成新建尾矿回收选矿厂给矿性质变化很大。其中, 给矿品位、细度和给矿量分别在 24.00% ~ 30.00% Fe、70% ~ 95% - 0.074mm 和 80 ~ 150 t/h 范围内波动。2005 年对海钢在排尾矿样的考查结果(当时 110 万 t 选矿厂

表 1 S_{Lon}连续式离心机主要技术参数

技术参数	S _{Lon} - 400 × 300 (试验型)	S _{Lon} - 1600 × 900 (工业应用型)
转鼓规格 /mm	400 × 300	1600 × 900
离心力场强度 /g	20 - 120	40
射流压力 / (kg/cm ²)	2.0 - 4.0	4.0 - 6.0
射流流量 / (m ³ /h)	0.4 - 0.6	5.0 - 7.0
分离粒度 /mm	- 0.074	- 0.074
给矿浓度 /%	10.0 - 20.0	20.0 - 40.0
矿浆通过体积 / (m ³ /h)	1.2 - 1.8	6.0 - 12.0
干矿处理量 / (t/h)	0.1 - 0.3	2.0 ~ 4.0
总功耗 /kW	1.2	12.0
总耗水量 / (t/h)	0.6 - 0.8	6.0 - 10.0
主机质量 /t	0.8	4.5

没有投产): 粒度 - 0.074mm 为 96.43%; 铁金属分布微细, - 0.074 mm 和 - 0.037 mm 两个粒级的铁金属占有率分别为 98.06% 和 94.70%。对如此细粒分布的铁金属矿粒, 采用目前常用的回收技术效果不明显^[7]。

为充分利用该尾矿资源, 2005 年, 海南钢铁公司与赣州金环磁选设备有限公司合作, 取该尾矿样做了大量的试验研究, 并确立了强磁粗选 - 离心机精选为主体的回收工艺。在实验室条件下, 分别采用单一磁选流程和强磁粗选 - 离心机精选流程分选该尾矿, 得到的试验结果如表 2 所示^[7]。

表 2 单一强磁选流程和强磁粗选 - 离心机精选流程分选海钢尾矿对比试验结果 %

分离方法	铁品位			精矿产率	铁回收率
	给矿	精矿	尾矿		
单一磁选	30.44	60.23	24.00	17.78	35.52
强磁粗选	30.44	52.20	19.83	32.78	56.21
离心机精选	52.20	64.39	38.83	17.15	36.27
差值	0	+4.16	-0.63	+0.75	

从表 2 可看出, 采用单一磁选方法处理该尾矿时, 铁精矿品位由 30.44% 提高至 60.23%, 精矿产率和回收率分别为 17.78% 和 35.52%。采用强磁粗选 - 离心机精选流程处理该尾矿时, 最终铁精矿产品的产率、品位和回收率分别为 17.15%, 64.39% 和 36.27%; 与单一磁选法相比, 在最终精矿产率和回收率基本相当情况下, 精矿品位高出 4 个多百分点。因此, 应用采用强磁粗选 - 离心机精选流程处理海钢在排尾矿的优越性是显而易见的。

3 工业应用

采用强磁粗选 - 离心机精选流程处理海南钢铁公司尾矿所取得的良好试验结果, 海南钢铁公司决定在目前尾矿堆积地红旗尾矿库岸边建设以强磁粗

选 - 离心机精选为主体回收工艺的尾矿回收示范选矿厂,进一步研究探索采用强磁粗选 - 离心机精选流程分离回收该尾矿中细粒铁金属在工业上应用的技术可行性,为将来充分利用其尾矿资源和处理日益贫化的矿石资源做前期技术储备。

海南钢铁公司尾矿回收示范选矿厂于 2007 年 1 月底建设完成,并于 2007 年 3 月正式投产进行工业试验生产。回收选矿厂工业试验近 3 个月的生产指标如图 2 所示。

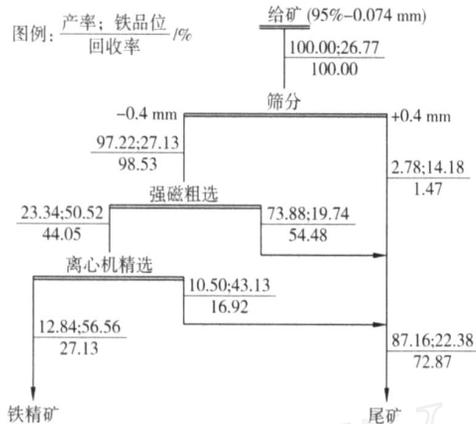


图 2 强磁粗选 - 离心机精选流程分离回收海南钢铁尾矿中细粒铁矿石数质量流程

从图 2 可见,总尾矿(图 2 中给矿)首先进入筛分作业分成 +0.4 mm 和 -0.4 mm 两个粒级。其中 +0.4 mm 粗粒级部分主要是一些粗粒脉石,含铁量很低,直接作为尾矿抛弃。-0.4 mm 细粒级部分进入强磁选作业进行初步预富集和抛尾,得到粗精矿品位为 50.52%。10 台 S_{Lon}-1600 ×900 连续式离心机处理强磁选粗精矿,将铁精矿品位由 50.52% 提高至 56.56%,作业回收率达到 61.59%。

回收流程中采用 10 台 S_{Lon}-1600 mm ×900 mm 连续式离心机,生产过程中连续给排料,分离效果明显,平均单机处理能力为 2.52 t/h,单机最大处理能力达到 4.40 t/h。此外,S_{Lon}-1600 mm ×900 mm 连续式离心机适应性较强,在给矿体积 4 ~ 12 m³/h 和给矿浓度 20% ~ 40% 范围内均可获得较满意的分选指标。目前,回收选矿厂在处理尾矿量约 100 t/h 前提下,铁精矿产量为 10 ~ 13 t/h,经济和环境效益显著。

该回收流程中,S_{Lon}连续式离心机为提高最终铁精矿品位起到了关键的作用。但是,最终铁精矿品位没有达到原来的设计目标,主要原因是海南钢

铁公司新建的强磁选 - 反浮选流程年处理 110 万 t 选矿厂于 2006 年投产,造成总尾矿的含铁品位和金属量大大降低,金属分布粒度也有所降低。由于 S_{Lon}-1600 mm ×900 mm 连续式离心机在回收选矿厂工业试验生产中的成功应用,决定再安装 8 台 S_{Lon}-1600 mm ×900 mm 连续式离心机用作为离心机精选设备,将最终铁精矿品位提高到 61.00% 以上,2007 年 6 月底投入使用。

4 结 论

(1) S_{Lon}连续式离心机工业生产时分离过程简单、故障率低、处理能力较大、适应性较强,具有节能和环保等许多优点,用作细粒铁矿物精选时效果明显,可有效用于微细粒级黑色、有色及贵重稀有金属矿物的分离回收。

(2) 10 台 S_{Lon}-1600 mm ×900 mm 连续式离心机应用于海南钢铁公司新建在排尾矿 S_{Lon}强磁粗选 - 离心机精选回收流程工业试验生产中,S_{Lon}连续式离心机平均处理量为 2.52 t/h,将 S_{Lon}强磁粗选粗精矿品位由 50.52% 提高至 56.56%,作业回收率 61.59%,为最终获得高品位的铁精矿产品起到了关键的作用。目前回收选矿厂仍在工业生产调试过程中。S_{Lon}连续式离心机的工业应用,将产生可观的经济效益和环境效益。

(3) 离心分离的尾矿具有中间粒级部分金属量少和粗、细两端粒级部分金属量多的特点。其中,粗粒级部分基本为粗粒连生体含铁量很低,而细粒级部分单体解离完好含铁量很高。因此,处理离心机尾矿时,可考虑将尾矿进行筛分,筛上产品再磨再选,筛下产品直接进入离心扫选作业,以提高最终离心分离的金属回收率。

参 考 文 献

- [1] 孙炳泉. 近年我国复杂难选铁矿石选矿技术进展 [J]. 金属矿山, 2006(3): 11-13.
- [2] 韩跃新,袁致涛,李艳军,等. 我国金属矿山选矿技术进展及发展方向 [J]. 金属矿山, 2006(1): 34-40.
- [3] 余永富. 我国铁矿山发展动向、选矿技术发展现状及存在的问题 [J]. 矿冶工程, 2006(1): 21-25.
- [4] 毛益平,黄礼富,赵福刚. 我国铁矿石选矿技术成就与发展展望 [J]. 金属矿山, 2005(2): 1-5.
- [5] 张淑会,薛向欣,刘 然,等. 尾矿综合利用现状及展望 [J]. 矿冶工程, 2005, 25(3): 44-47.

(下转第 106 页)

处理达标后排放,部分酸、碱废水可用于以废治废。

矿山产生的大气污染主要表现为燃油设备废气、炸药废气、粉尘、扬尘等,可采取的主要措施有湿式爆破、路面洒水、种植防护林等。

2.2.3 废弃地生态恢复

贫瘠的矿山废弃地是我国矿山存在的主要问题之一,我国的矿山废弃地复垦率较低。例如铜陵地区矿山土地复垦率仅为 13.3%^[3],与发达国家比,我们还存在很大差距。矿山废弃地复垦是目前全世界研究的热点课题,矿山废弃地复垦难点主要在于:废弃地物理结构不良,持水保肥能力差;极端贫瘠,N、P、K 及有机质含量极低;重金属毒性大,抑制植物的正常生长;极端 pH 值(强酸或强碱性);干旱或盐分过高引起的生理干旱;表层不稳定性和表层温差变化大。由于矿山废弃地土壤条件比较恶劣,如复垦,则必须改善土壤环境,废弃地基质改良的措施有:表土转换、填土造田、微生物修复、植物修复(植物提取、植物降解、植物稳定化)、灌溉与施肥等,还可以施加化学改良物和有机质改良废弃地基质^[4-7,12-15]。

在我国已有许多矿山废弃地生态恢复的实例,2001 年以来,鞍山开展了以“向城市沙漠宣战”为重点的矿山生态恢复工程,3 年累计完成矿山生态恢复面积 1 163.46 hm²^[8]。武钢集团公司乌龙泉矿先后投资 1 300 万元治理厂容环境,加强荒山复垦,创建绿色矿山,实现了“厂在绿中,房在林中,路在花中,人在景中”的绿色生态矿山的梦想^[9]。武钢集团的冶金废渣排石场,经过几十年的堆积,形成渣山群,渣山上寸草不生,影响了武钢的环境面貌,为了根本改变这一状况,集团公司对其进行复垦造林,渣山复垦回填土层厚度为 1.5~2 m,树种以乡土树种为主,选择耐干旱、耐贫瘠、速生快长的树木,绿化面积近 6 万 m²,成绩斐然^[10]。福建上杭紫金山金矿是一座大型的露采黄金矿山,面积大、弃渣多,植被破坏严重,造成水土流失,生态环境恶化。几年来,通过各项水土保持措施,目前该矿山已有效地控制了水土流失的危害,确保了金矿生产的正常运行,实现了矿山的可持续开发利用^[11]。

3 结 论

我国矿山环境问题是多年累积的结果,由于以

前矿产资源产权不明晰,矿产资源开采者只知道获益,而不负有治理的责任,导致矿产资源乱采滥挖、采富弃贫、采厚弃薄、采易弃难,致使矿产资源破坏、土地资源破坏、水资源破坏、“三废”污染严重。有鉴于此,笔者认为,我国矿山环境保护的根本措施在于改变我国矿产资源的管理体制,建立明晰的矿山环境资源产权制度,使矿山的主人既成为矿产资源开发的获益者,也成为矿山环境保护的责任人。

参 考 文 献

- [1] 彭建,蒋一军,等.我国矿山开采的生态环境效应及土地复垦典型技术[J].地理科学进展,2005,24(2):38-48.
- [2] 李明顺,唐绍清,等.金属矿山废弃地的生态恢复实践与对策[J].矿业安全与环保,2005,32(4):16-18.
- [3] 王波,等.铜陵地区矿山生态环境综合治理途径[J].长江流域资源与环境,2004,13(5):494-498.
- [4] 姚志勇.环境经济学[M].北京:中国发展出版社,2002.
- [5] 万继涛,等.山东省枣庄市矿山环境地质问题及恢复治理[J].地质灾害与环境,2004,15(3):26-30.
- [6] Qiu tingsheng Study on new process of zero discharge of cyanide Wasterwate[C].The 6th International symposium on East Asian Resources Recycling Technology, 281-285.
- [7] 付梅臣,陈秋计.矿区生态复垦中表土剥离及其工艺[J].金属矿山,2004(8):63-65.
- [8] 吕明.鞍山市矿山生态修复实践与探讨[J].矿山环保,2004(1):21-23.
- [9] 王开平,等.全力打造生态型矿山[J].矿业工程,2005,3(5):50-51.
- [10] 辜振新,等.武钢冶金渣渣山复垦绿化成绩斐然[J].国土绿化,2004(12):11.
- [11] 游桂琼.上杭紫金山金矿水土流失综合治理[J].亚热带水土保持,2005,17(2):57-60.
- [12] 祝怡斌,张晓清.矿山开发环境评价应注意的几个循环经济问题[J].金属矿山,2006(2):72-74.
- [13] 朱海骏,陈征宙,余小奎.某废弃采场的边坡治理与景观设计探讨[J].金属矿山,2006(5):63-65.
- [14] 朱易春,王乃斌,黄洪祥.中小金属矿山下开采安全评价研究与实践[J].金属矿山,2007(11):102-105.
- [15] 相震,王连军,吴向培.吉卡矿区环境承载现状与培育措施[J].金属矿山,2006(5):66-69.

(收稿日期 2007-11-22)

(上接第 88 页)

- [6] 杨波.微细粒重选技术研究[J].昆明理工大学学报,2001,26(1):46-47.

- [7] 陈祿政,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.

(收稿日期 2007-11-18)