

文章编号: 1009-9700(2007)06-0015-04

# SLon 立环脉动高梯度磁选机分选龙岩弱磁性铁矿石的研究及应用

任祥君<sup>1</sup>, 曾明祥<sup>2</sup>, 艾光华<sup>3</sup>

(1. 赣州金环磁选设备有限公司, 江西 赣州 341000; 2. 福建冶金工业设计院工业所, 福建 福州 350001; 3. 江西理工大学, 江西 赣州 341000)

**摘要:** SLon 立环脉动高梯度磁选机分选细粒弱磁性矿物具有富集比大、回收率高、磁介质不易堵塞、设备作业率高的优点。福建龙岩某选厂采用弱磁-强磁-再磨-强磁的工艺流程分选弱磁选氧化铁矿, 该流程中, 两台 SLon-1500 磁选机分别用于粗选和扫选作业, 流程指标为: 给矿品位 47.02% Fe, 铁精矿品位 60.14% Fe, 铁回收率 81.69% Fe。SLon 磁选机在该流程中的成功应用, 为该矿创造了较好的经济效益。

**关键词:** SLon-1500 立环脉动高梯度磁选机; 弱磁性铁矿; 强磁选

中图分类号: TD 924.1<sup>+</sup>2

文献标识码: B

## Processing weak-magnetic iron ores from Longyan Mines with SLon pulsating magnetic separator

REN Xiang-jun<sup>1</sup>, ZENG Ming-xiang<sup>2</sup>, AI Guang-hua<sup>3</sup>

(1. SLon Magnetic Separator Co., Ltd., Ganzhou 341000, Jiangxi; 2. Fujian Design and Research Institute of Metallurgy, Fuzhou 350001, Fujian; 3. Jiangxi University of Technology, Ganzhou 341000, Jiangxi)

**Abstract:** The SLon vertical-ring high-gradient pulsating magnetic separators possess the advantages of large beneficial ratio, high recovery rate, resistance of the magnetic matrix to blockage, and high availability coefficient in processing weak-magnetic minerals. Two SLon separators, one for roughing and the other for scavenging, were employed in an ore-dressing plant in Fujian Province for processing weak-magnetic iron ores, in which a dressing flowchart consisting of low-intensity magnetic separating? high-intensity magnetic separating? regrinding? high-intensity magnetic separation was used, and a concentrate grade of 60.14% Fe plus an iron recovery rate of 81.69% Fe, with a feed grade of 47.02% Fe, was obtained. The successful application of the SLon separators in the dressing plant has created considerable economic benefits.

**Key words:** SLon vertical-ring high-gradient pulsating magnetic separator; weak-magnetic mineral; high-intensity magnetic separation

龙岩市位于福建省的西南部,是资源丰富的黄金宝地。矿产资源品种多、储量大。其中铁矿储量 5.4 亿吨,占全省 80%,有名的马坑铁矿是国内著名的特大型磁铁矿床之一,名列华东第一大铁矿。目前,随着富矿的不断开采,低品位的铁矿石日益增多。这些低品位的矿石大多为赤铁矿、镜铁矿和褐铁矿等弱磁性矿石,而且分布比较分散,因此出现了许多中小规模、服务年限比较短的中小矿山。由于选矿技术及其它诸多因素的限制,不能经济有效地

回收这些弱磁性矿石而影响矿山的经济效益,同时造成国家资源的浪费。因此,本文基于少投资、低成本、经济效益突出的原则,以龙岩市附近某选厂的生产实际为例,利用 SLon 立环脉动高梯度磁选机去分选这些弱磁性矿石,达到充分利用资源,提高矿山经济效益的目的。

### 1 原矿性质

该矿山矿石中金属矿物主要为赤铁矿,含有部

分磁铁矿、镜铁矿、半假象赤铁矿、辉钨矿、黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿等。非金属矿物主要为硅酸盐矿物,矿石中含量最多的脉石矿物为石英,其他还有透辉石、钙铁辉石、角闪石、绿泥石、方解石英等。矿石结构构造有:它形晶粒状结构,其他还有半自形晶粒状结构,交代假象结构,文象或次文象结构,叶片状结构,其次为块状构造,其他还有条带状构造,稀疏浸染状构造及角砾状构造。赤铁矿的嵌布粒度为0.03~0.037 mm,石英的嵌布粒度为0.03~0.06 mm,大于赤铁矿的嵌布粒度。

## 2 SLon 磁选机的设备结构和工作原理

SLon 立环脉动高梯度磁选机结构见图1,它主

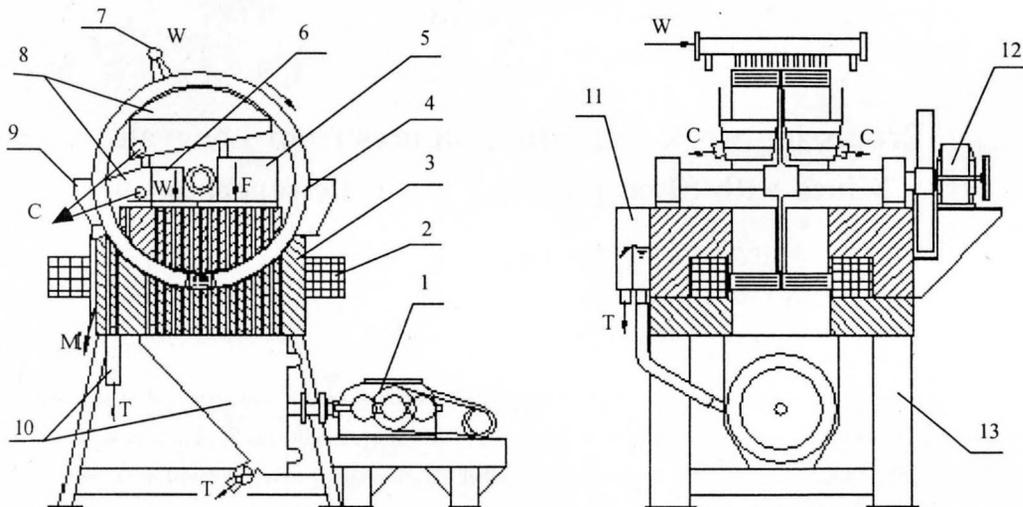


图1 SLon 立环脉动高梯度磁选机结构

1-脉动机构;2-激磁线圈;3-铁靴;4-转环;5-给矿斗;6-漂洗水斗;7-精矿冲洗装置;  
8-精矿斗;9-中矿斗;10-尾矿斗;11-液位斗;12-转环驱动机构;13-机架  
F-给矿;W-清水;C-精矿;M-中矿;T-尾矿

该机的转环采用立式旋转方式,对于每一组磁介质而言,冲洗磁性精矿的方向与给矿方向相反,粗颗粒不必穿过磁介质堆便可冲洗出来。该机的脉动机构驱动矿浆产生脉动,可使分选区内矿粒群保持松散状态,使磁性矿粒更容易被磁介质捕获,使非磁性矿粒尽快穿过磁介质堆进入到尾矿中去。

显然,反冲精矿和矿浆脉动可防止磁介质堵塞;脉动分选可提高磁性精矿的质量。这些措施保证了该机具有较大的富集比、较高的分选效率和较强的适应能力。

在20多年的研制过程中,我们针对生产中存在的问题,经过无数次的改进,SLon 立环脉动高梯度磁选机的选矿和机电性能不断得到提高和发展。迄

要由脉动机构、激磁线圈、铁靴、转环和各种矿斗、水斗组成。用导磁不锈钢制成的圆棒或钢板网作磁介质。其工作原理如下:

激磁线圈通以直流电,在分选区产生感应磁场,位于分选区的磁介质表面产生非均匀磁场即高梯度磁场;转环作顺时针旋转,将磁介质不断送入和运出分选区;矿浆从给矿斗给入,沿上铁靴缝隙流经转环。矿浆中的磁性颗粒吸附在磁介质表面上,被转环带至顶部无磁场区,被冲洗水冲入精矿斗,非磁性颗粒在重力、脉动流体力的作用下穿过磁介质堆,沿下铁靴缝隙流入尾矿斗排走。

今为止,SLon 磁选机在国内的销售总量已达400多台,并出口南非、秘鲁等国家,广泛应用于红铁矿、钛矿、非金属矿选矿。

## 3 选矿生产流程试验及指标

### 3.1 工艺流程

该选矿厂所用原矿主要矿物为赤铁矿,另有一部分磁铁矿和镜铁矿,由于镜铁矿呈片状结构,在磨矿过程中,单体解离比较早,针对原矿石的这一性质,现场采用“弱磁—强磁—再磨—强磁”的工艺流程,见图2,该流程的特点为:一段磨矿至-200目50%左右,采用一台SLon-1500强磁选机粗选,粗选尾矿进二段磨矿至80%左右,然后再用一台SLon

-1500 强磁选机扫选。该流程的好处是分别回收了赤铁矿和镜铁矿,避免和减少了过磨和脉石夹杂而造成回收不理想的后果。一段磨矿经筒式弱磁选机粗选,可得到产率 13.01%、品位 67.53% 的强磁性精矿;两台磁选机能得到产率 50.86%、品位 58.25% 的铁精矿,上两个铁精矿混合成最终铁精矿。

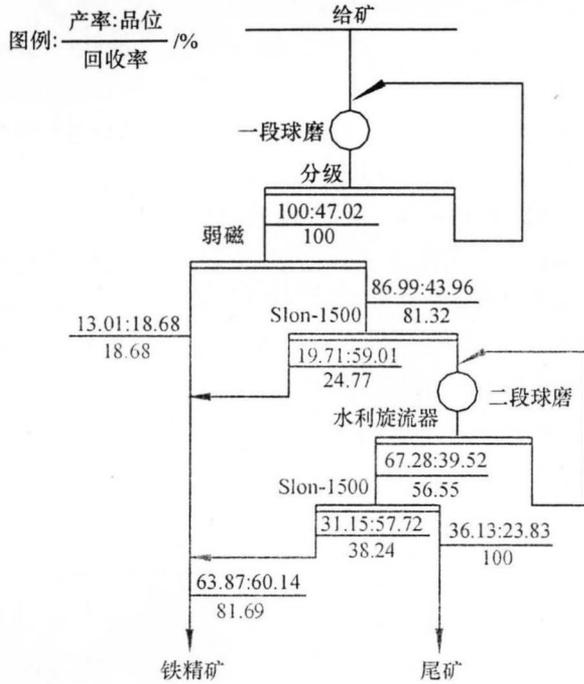


图 2 全流程数质量流程

### 3.2 实验室实验

针对现场提供的矿石性质资料,实验室采用 SLon-100 周期式高梯度磁选机进行分选,采用两段磨矿,第一段磨矿时间为 3 min,磨矿细度在 50% 左右,第二段磨矿时间为 5 min,磨矿细度在 80% 左右。

SLon-100 周期式磁选机的条件试验主要是选取激磁电流的大小,激磁电流的大小直接影响强磁选机的分选效果,从而最终影响精矿品位,为了获得高品位的铁精矿和较高的回收率,必需进行激磁电流的比较试验,根据经验对脉动的冲程、冲次大致定为冲程 30 mm,冲次 300 r/min,具体多少需现场调节。试验结果见表 1 和见表 2。

由于第一段磨矿后镜铁矿基本单体解离,而赤铁矿并未完全解离,从表 1 的试验数据可以看出,在电流 500 A 时,精矿品位最高,而在 700 A、900 A 时品位下降得比较大,基于第一段强磁提高品位的原则,考虑到第二段强磁机能保证回收率,故第一段强

磁选选择激磁电流为 500 A。从表 2 可看出,第二段磨矿后,激磁电流在 700 A 时的品位虽然比 500 A 时下降了不到 1%,但回收率却上升了近 10%,而 900 A 时,精矿品位严重偏低,影响精矿质量,故选取激磁电流 700 A,指标最好。

表 1 第一段磨矿 Slon-100 激磁电流试验结果

电流/A	产品	产率/%	品位/%	回收率/%
500	铁精矿	20.03	58.03	24.65
	尾矿	79.97	44.42	75.35
	原矿	100	47.15	100
700	铁精矿	32.39	55.18	27.15
	尾矿	77.61	44.26	72.85
	原矿	100	47.15	100
900	铁精矿	40.18	53.59	29.69
	尾矿	74.82	44.41	70.31
	原矿	100	47.15	100

表 2 第二段磨矿 Slon-100 激磁电流试验结果

电流/A	产品	产率/%	品位/%	回收率/%
500	铁精矿	31.27	58.15	38.57
	尾矿	48.7	35.6	36.78
	上段给矿	79.97	44.42	75.35
700	铁精矿	39.89	57.25	48.43
	尾矿	40.08	31.65	26.92
	上段给矿	79.97	44.42	75.35
900	铁精矿	45.16	55.65	53.30
	尾矿	34.81	29.85	22.05
	上段给矿	79.97	44.42	75.35

### 3.3 生产实践

为了考察 SLon-1500 立环脉动高梯度强磁选机的性能、分选效果及生产指标稳定性,选取生产过程中 1 个月连续运行的全流程生产指标来分析,两台 SLon-1500 立环脉动高梯度强磁选机的固定条件为:第一段磁选机激磁电流 500 A、冲程 25 mm,冲次 300 r/min。第二段磁选机激磁电流 700 A、冲程 20 mm,冲次 300 r/min。指标参数以每 5 d 为一单位的平均生产指标,试验结果见表 3。

从表 3 可见:经两台 SLon-1500 立环脉动高梯度磁选机一次分选,获得铁精矿品位 59.50% ~ 60.50%,波动很小;回收率基本稳定在 81% 左右,说明该机的生产运转性能好,选矿生产指标相当稳定,尤其是 4 号产品的生产指标非常接近平均生产指标,具有代表性,试验全流程数质量流程图见图 2。

表3 1个月连续运行的全流程生产指标 %

编号	产品	产率	品位	回收率
1	铁精矿	64.58	60.02	82.43
	尾矿	35.42	23.32	17.57
	原矿	100	47.02	100
2	铁精矿	62.25	59.91	79.32
	尾矿	37.75	25.76	20.68
	原矿	100	47.02	100
3	铁精矿	65.02	59.24	81.92
	尾矿	34.98	24.31	18.08
	原矿	100	47.02	100
4	铁精矿	63.87	60.14	81.69
	尾矿	36.13	23.83	18.31
	原矿	100	47.02	100
5	铁精矿	61.69	60.98	80.01
	尾矿	38.31	24.54	19.99
	原矿	100	47.02	100
6	铁精矿	62.47	60.25	80.05
	尾矿	37.53	25.00	19.95
	原矿	100	47.02	100
平均	铁精矿	63.31	60.09	80.91
	尾矿	36.69	24.45	19.09
	原矿	100	47.02	100

注:平均矿石处理能力为  $t=25.00$  t/h

(上接第14页)

由于界面能差别引起液体通过扩散流动到表面的力称为二次分布力)。这些力的作用将导致干凝胶分子链发育成熟,网络结构进一步形成,使凝胶内部尚未发生反应的-OH和-OR基团之间的接触机会增大,引起更深层的聚合。所以随着陈化时间的延长,乙醇和水的挥发,聚合反应进行的更为彻底,凝胶也由线性聚合物转变成有一定交联度的体型大分子,导致凝胶体积的缩小,从而获得相对致密的干凝胶。

凝胶的体积收缩伴随着应力的产生,当产生的应力大于膜本身网络结构的强度时,就产生裂纹。

温度升高,溶胶的胶凝化时间缩短,是因为温度升高时,溶胶的水解反应和聚合速度都有所加快<sup>[1]</sup>,因此,溶胶的胶凝化速度也变得更块。

## 4 结论

1)  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{NaF}$ 、氨水溶液都可以作为溶胶—凝胶过程中的催化剂,并可缩短溶胶的胶凝化时间,本试验溶胶体系中, $\text{NaF}$ 、氨水溶液比 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{HCl}$ 溶液的催化效果好。

2)  $\text{NaF}$ 、氨水溶液等催化剂的催化效果与其在溶胶中的浓度密切相关,浓度较低时,可用溶胶—凝

## 4 结论

1)应用两台 SLon-1500 立环脉动高梯度磁选机一对一配置分选龙岩地区弱磁性矿石的工艺试验是可行的。设备运行稳定可靠,适应性强,操作方便。当原矿品位有波动时,只需适当调整激磁电流的大小即可获得较好的选矿指标。

2) SLon-1500 立环脉动高梯度磁选机具有很大的富集比,其铁精矿品位高达 58.25%,强磁回收率达 63.01%,有效地回收微细粒级弱磁性铁矿物,为保证最终精矿品位起到了关键作用。

3)“弱磁—强磁—阶段磨矿—强磁”的简单工艺流程一个月工业试验结果表明,在平均给矿品位 47.02 时,获得铁精矿品位 60.14%,回收率 81.69%,生产指标稳定,不仅为该矿山创造了巨大的经济效益,也为其他类似的矿山企业提供了范例。

4)尾矿品位偏高,在当今充分利用尾矿的大环境下,从尾矿中回收这部分铁,仍需进一步研究。

胶法制得均匀、平整、致密的网状  $\text{SiO}_2$  薄膜,整体性较好。催化剂浓度太高,则不利于成膜。

3)温度对溶胶的胶凝化进程影响显著,升高温度,胶凝化过程加快。

## 参考文献

- [1] 余锡宾,吴虹. 正硅酸乙脂的水解、缩合过程研究[J]. 无机材料学报,1996,11(4):703-707.
- [2] 林健. 催化剂对正硅酸乙脂水解—聚合机理的影响[J]. 无机材料学报,1997,12(3):363-368.
- [3] 徐莉. 正硅酸乙脂溶胶—凝胶过程中催化剂的作用[J]. 南京林业大学学报,1998,22(4):67-70.
- [4] 王剑华,郭玉忠,刘荣佩. 溶胶—凝胶法制备  $\text{SiO}_2$  薄膜的研究[J]. 材料科学与工艺,1999,7(3):1-5.
- [5] 黄元龙,赵光明. 溶剂、催化剂对  $\text{TiO}_2$  溶胶—凝胶过程的影响[J]. 功能材料,1997,28(1):37-41.
- [6] 殷明志,姚熹,李振荣,等. 酸催化正硅酸乙脂溶胶—凝胶二氧化硅薄膜的制备,2002,36(8):847-880.
- [7] Assink R A. J., Non-Cryst. Solids, 1988, 99:359.
- [8] Sakka S, The sol-gel transition in the Hydrolysis of metal alkoxides in relation to the formation of glass fibers and films. Non-Crystalline Solids, 1982, 48:31-46.