

复合力场磁选机的研制及试验

刘承帅¹ 王晓明¹ 黄祥²
(1. 北京矿冶研究总院; 2. 首钢矿业公司)

摘要 介绍了一种新型复合力场精选磁选机的设备结构,分析了该设备的工作原理,并在首钢矿业公司大石河铁矿进行了对比试验,针对给矿性质探索了最佳的磁系旋转速度以及上升水流速度,试验结果验证了该设备良好的选别效果。

关键词 复合力场磁选机 旋转磁系 对比试验

随着国内开采铁矿石品质的不断下降,对于铁矿石综合利用的要求越来越高。因此对于铁矿石分选技术和分选设备也不断的提出更高的要求^[1]。在铁矿石精选设备方面,目前国内出现了多种精选设备,主要包括多磁极面的筒式磁选机,电磁柱式磁选机等。这些设备目前都或多或少不同程度存在着提高品位幅度小、耗水量高、尾矿不能直接抛弃等不足之处。为了能更好的实现铁矿的精选,北京矿冶研究总院研制了一种新型的复合力场磁选机,该设备将多种力场综合在同一分选区域内,充分利用了磁性颗粒在磁场区域中受到的梯度力、粘附力形成磁团聚现象,以及在非磁场区域利用水流剪切力,产生磁团聚的破坏作用,实现磁性颗粒的团聚—分散—团聚的分选过程。

1 设备结构

复合力场磁选机见图1,由旋转螺旋磁系、柱式分选环、给矿均分器、精矿槽、尾矿槽、机架和传动系统等部件组成。其中旋转螺旋磁系采用单线螺旋设计,磁性材料选用剩磁较大的钕铁硼稀土永磁材料。柱式分选环内形成矿物的分选区,分选区位于旋转磁系外筒和槽体外筒之间,利用焊接在旋转磁系外筒上的分割板将整个分选区域分为数个小的分选区域;传动系统分为两个传动部分,分别传动磁系和磁系外筒皮,使其可以产生独立旋转运动。

在该设备中磁系磁场的分布对分选效果具有重要影响,因此对于磁场的分布进行了重点研究。图2为磁系表面磁筒密度的数值分布情况,磁系中的磁极相互交替。在设备实际运行过程中磁系旋转,在每一个小的分选区域内形成自上而下磁场的时有时无的变化。

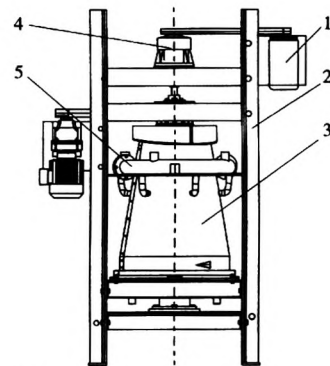


图1 复合力场磁选机示意

1—电机;2—机架;3—筒体;4—减速机;5—给矿环管

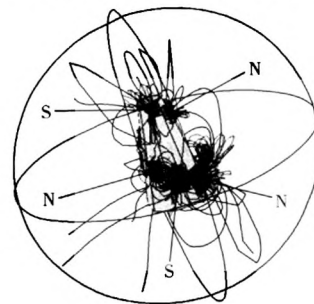


图2 磁系磁场分布

2 分选原理

分选矿浆进入分选区后,磁性颗粒受到磁场力的作用,克服其他机械力向筒表运动。当磁性颗粒被捕集到筒表后,它的受力情况发生相应的变化。产生这种变化的主要原因是筒表的磁场强度比较大,致使磁场力成为磁性颗粒的最主要约束力。除磁场力 F_m 之外,磁性颗粒同时还受到自身重力 G 、筒表摩擦力 F_f 、筒表支持力 F_N 、水流作用力 F_d 、离心力 F_c 等力的作用。

由于水流作用力 F_d 比较复杂,方向不容易确定,不过由于内筒的旋转,这里取水流作用力 F_d 垂直于纸面,方向与内筒旋转方向相反。因为磁场力

刘承帅(1978—),男,100160 北京市南四环西路188号总部基地十八区23号楼。

起主要作用,所以对后面的进一步分析不会产生影
响,见图 3。

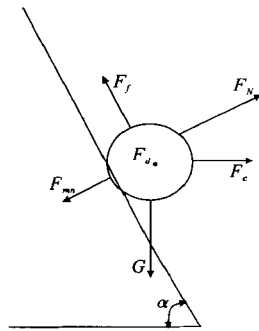


图 3 磁性颗粒在筒表时的运动轨迹

磁系与内筒存在一定的转速差,转速差使得分
选区内产生了时有时无,变化的磁场,这里针对有磁
场和无磁场两种情况分别进行分析。

(1)存在磁场的情况。机械力为 $F_{机械} = F_f + F_N + F_c + G + F_d$ 。由于磁场力起主导作用,即 $F_{mn} > F_{机械}$,所以磁性颗粒紧紧地吸附在内筒表面,并且随磁系的转动,颗粒在筒表跟随磁系移动,移动到分选隔板为止,接下来磁性颗粒就会进入无磁区。

(2)无磁场或磁场较弱的情况下。磁系的磁极越过分选隔板,磁性颗粒被分选隔板阻挡,进入无磁场或磁场较弱的无磁区,这时颗粒所受到的机械力开始起主导作用,即 $F_{mn} < F_{机械}$ 。在 $F_{机械}$ 的作用下,主要以重力为主,磁性颗粒开始向下运动,当下一个磁极进入分选区的时候,磁性颗粒将会再次进入有磁区。

综上所述,磁性颗粒在周而复始的磁场变化下,最后运动到排矿区排出,成为精矿。在磁性矿物分选的过程中,磁性矿物往往是以磁团的形式存在的,在有磁区里,由于磁团聚现象产生磁团,会夹杂部分非磁性颗粒。在无磁区时,磁团被水流量打开,分散在水流中,分布在磁团中的磁性较弱的颗粒或非磁性颗粒便会被上升水流冲走,溢流后成为尾矿。磁铁矿在分选区内的运动情况见图 4。

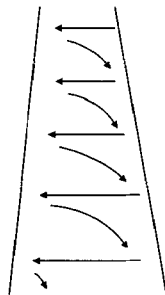


图 4 矿物在分选区内运动示意

3 试验

为了研究该设备在铁精矿分选中的应用效果,

我们制造了一台复合力场磁选机,表面磁感应强度 300 mT,在首钢矿业公司大石河铁矿进行工业试验,并与现场使用的复合闪烁磁场磁选机进行了分选效果对比。现场试验流程见图 5,将二段球磨后高频筛下的矿浆通过管道分流,一部分进入复合闪烁磁场磁选机,一部分进入复合力场磁选机。

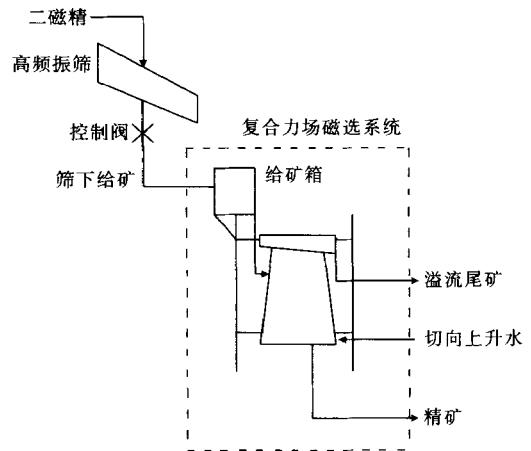


图 5 复合力场分选机试验布置原理

3.1 磁系旋转速度

本探索性试验条件是在内筒转速为零时,固定上升水流量 38 L/min,调整磁系转速进行试验考查。本组试验矿样给矿 TFe 品位为 57.51%,试验结果见图 6。

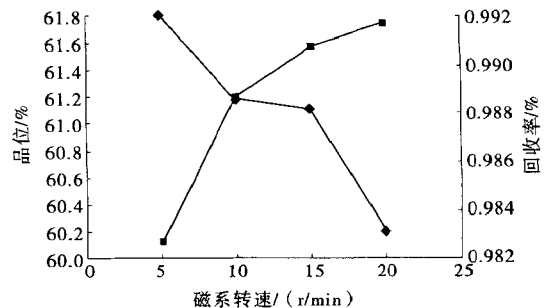


图 6 磁系转速变化与精矿品位及回收率关系

■—品位;◆—回收率

由图 6 观察精矿指标,随着磁系转速的提高,精矿品位不断提高,而回收率下降,这与理论分析基本一致。当磁系转速提高时,离心力增加,连生体矿物受到的离心力克服磁力作用向外运动(远离磁系),进入尾矿区,因此精矿品位提高,回收率下降。以精矿产品质量为优先考虑条件,回收率为次要考虑,可以发现转速为 15 r/min 时兼顾了精矿品位与回收率,为本次试验的最佳转速。

3.2 上升水流量

本探索性试验以转速中的较优条件 15 r/min 为固定条件,变化上升水流量大小,探索上升水对选别效果的影响。本组试验原矿品(下转第 106 页)

表 2 磁粗选尾矿浮选试验结果 %

产品名称	S 品位	作业产率	作业回收率	对原矿产率	对原矿回收率
硫精矿	34.32	22.40	73.64	3.205	40.28
硫中矿	15.304	8.21	12.04	1.175	6.58
浮选尾矿	2.155	69.39	14.32	9.93	7.84
给矿	10.44	100.00	100.00	14.31	54.70

从表 2 中看出磁粗选尾矿回收硫指标是理想的。

尾矿选硫难在于矿浆浓度太低,流量大,提高尾矿矿浆浓度使其满足浮选工艺基本要求,这是工艺方案确定的技术关键点。拟定采用水力旋流器浓缩和高效浓缩机浓缩 2 个方案,通过论证比较,选择用旋流器浓缩技术,工艺流程见图 5。一段磨矿分级机溢流进入磁粗选选别,尾矿 1 用砂泵扬送到旋流器浓缩,旋流器底流进入搅拌桶加药搅拌,经过 1 粗、1 扫、1 精获得硫精矿,尾矿与旋流器溢流合并进入尾矿箱输入尾矿库。

尾矿选硫流程生产经调试正常后,对流程进行了考查,获得硫精矿品位 41.00%,回收率 31.00%。根据年处理量 30 万 t,球磨机台效 38 t/h,丁基黄药单价 8 元/kg,松油单价 6.57 元/kg (不含税),电单价 0.66 元/kWh,硫精矿品位销售单价按 400 元/t。尾矿选硫作业直接成本主要是药剂费、电费和新增增加设备折旧费。三项合计单位成本费用为 1.57

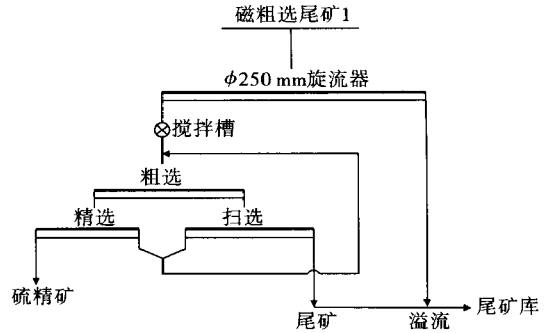


图 5 尾矿选硫工艺流程

元/t 矿,年新增成本费用 47.1 万元。年增加销售收入 259.2 万元,税前利润 212.1 万元。

4 结 语

(1) 某进口矿采用阶段磨矿,磁选—浮选—磁选生产工艺流程优于先浮选后磁选生产工艺流程,球磨处理量提高 35.50%、主产品铁精矿含硫降低到 0.40% 左右,满足了当地钢铁厂对铁精矿质量的要求,大大降低选矿成本,经济效益明显。

(2) 草酸做为磁黄铁矿的活化剂效果较好,如使用 MH-1 活化脱硫效果好一点,但该药剂单价高,必然增加选矿成本,故未使用 MH-1。

(3) 尾矿硫再回收流程的实施,投资小、节约资源、效益明显。

(收稿日期 2012-08-25)

(上接第 98 页) 位为 61.4%, 试验结果见图 7。

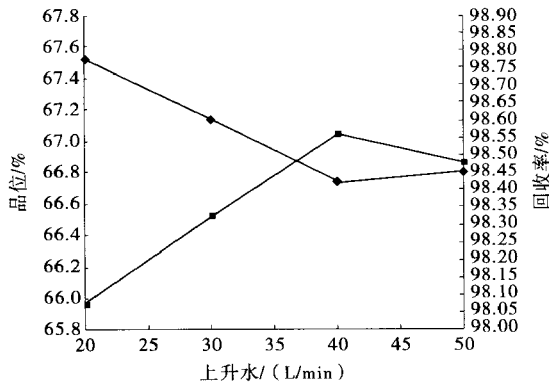


图 7 上升水流量变化与精矿品位及回收率关系

■—品位; ◆—回收率

通过图 7 精矿品位变化趋势,可以发现随着上升水流量的增加,精矿品位随之增加,而回收率有缓慢下降趋势。说明了上升水流量的增加对精矿品位的提高起到重要作用。

3.3 处理结果对比

我们设定复合力场分选机的运行条件为:磁系转速 15 r/min,内筒转速 5 r/min,补加水流量 60

L/min,与现场精选机处理同样的磁铁矿,进行对比试验。试验结果表明:复合闪烁磁场精选机精矿品位提高 3.48 个百分点。复合力场分选机精矿品位提高 4.71 个百分点,在控制尾矿品位方面更具有优势,高于前者 1.23 个百分点,见表 1。

表 1 复合力场分选机与复合闪烁磁场精选机的选别性能对比

设备	原矿	精矿	尾矿	产率	回收率
复合力场分选机	59.35	64.06	8.44	91.55	98.80
复合闪烁磁场精选机	60.17	63.65	22.71	91.50	96.79

4 结 论

与其他传统筒式弱磁选机相比,该磁选机具有更高的分选效率,磁系旋转速率与上升水对设备的分选效率影响较大,为设备运转与工作性能提供了一个有力且灵活的操作手段。

参 考 文 献

- [1] 王芝伟,梁殿印. 磁铁矿颗粒在复合力场中的运动轨迹研究 [J]. 有色金属:选矿部分,2011(2):43-47.

(收稿日期 2012-09-10)