

银山选矿厂 VTM-800 立磨机应用实践

沈同喜*

(银山矿业公司,江西 德兴 334200)

摘要:矿物共生关系复杂,嵌布粒度微细的特性要求矿物的磨矿细度越来越细,传统磨机已经很难满足细磨的要求,细磨和超细磨设备的研发和应用则越来越迫切.银山选矿厂引进国内首台立磨机作为粗精矿再磨磨机很好地解决了传统球磨机无法达到细磨要求和运行成本高的难题,同时积累了宝贵的立磨机使用经验.

关键词:再磨磨机;立磨机;球磨机;使用经验

中图分类号:TD95 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2017)04-0052-05

On the Practice of Using VTM-800 Vertical Mill in Yinshan

Shen Tongxi

(Yinshan Mineral Company, Dexing 334200, China)

Abstract: As the mineral symbiosis is complex, and the characteristics of fine particle size of the block are required to be finer and finer. As the traditional mill cannot meet the requirements of fine grinding, it is urgent to develop and use the equipment of fine grinding and super fine grinding mills. The Yinshan Mineral Separation Plant has imported a domestically first vertical mill to do the coarse concentration regrinding mill, which has better solved the difficult problems of traditional ball mill, i.e. the high grinding requirements and operating costs. Meanwhile, it has accumulated valuable experiences of using the vertical mill.

Keywords: grinding mill; vertical mill; ball mill; experience of use

银山选矿厂所选矿石为银山九区露采铜硫金矿,矿石氧化程度很低属原生硫化矿矿石.采用 SABC 碎矿流程即“半自磨+球磨+顽石破碎”碎矿流程;选别流程采用“铜硫混合浮选-粗精矿再磨-铜硫分离”流程,金矿物伴生在铜精矿中.粗精矿再磨磨机在老选厂采用的是普通球磨机,由于有物矿物嵌布粒度微细,需细磨才能充分单体解离,普通球磨机使用效果差,生产指标不稳定;新选厂投入使用后选用美国 Metso 公司生产的立磨机 VTM-800,为国内首次引进该种细磨设备,使用效果好且在节省电耗、钢球用量、衬板耗量上优势明显.

1 九区露采矿矿石性质

1.1 矿物组成

矿石中金属矿物主要以变胶状黄铁矿、黄铜矿及变胶状黄铜矿、硫砷铜矿、砷黝铜矿为主,其次为斑铜矿、方铅矿及微量的钛铁矿、锐钛矿、自然金等.脉石矿物以石英、绢云母为主,少量绿泥石、高岭土等.

1.2 主要矿物嵌布特性

其中黄铜矿和黄铁矿互相交代充填现象十分普遍,两者嵌布关系十分密切,嵌布粒度细小,单体解离较困难;金矿物颗粒一般较细,在 0.004~0.074 mm 之间,主要载体为黄铜矿和黝铜矿,有粒间金见存于散粒状黄铁矿集合体中;脉石矿物互相紧密嵌生,集合体颗粒较粗,易于单体解离.

收稿日期:2017-03-02

* 通信作者,E-mail: 2407376714@qq.com

1.3 磨矿产品单体解离度分析

对磨矿产品在显微镜下进行单体解离度分析,分析结果见表 1.

表 1 磨矿产品主要矿物单体解离度分析

矿物种类	单体含量/%	连生体含量/%				
		与黄铜矿	与含砷铜矿物	与黄铁矿	与其它硫化物	与脉石
黄铜矿	-0.074 mm 占 55%	71.72	14.82	5.59	0.73	7.14
	-0.074 mm 占 80%	81.46	8.10	5.02	0.40	5.02
含砷铜矿物	-0.074 mm 占 55%	47.97	19.88	25.55	1.69	4.91
	-0.074 mm 占 80%	75.56	11.64	9.13	0.45	3.22
黄铁矿	-0.074 mm 占 55%	89.34	1.33	2.95	0.16	6.22
	-0.074 mm 占 80%	93.05	0.73	0.83	0.10	5.28

矿石可选性研究试验结果要求一段铜硫混合浮选要求 $-74\ \mu\text{m}$ 含量为 65%左右,二段铜硫分离浮选要求粗精矿再磨细度为 $-45\ \mu\text{m}$ 含量为 80%以上.

2 粗精矿再磨磨机的使用情况对比

新老选厂分别采用普通球磨机、立磨机作为粗精矿再磨磨机,将新老选厂再磨磨机给矿及溢流进行筛析考察,筛析结果见表 2.

表 2 不同种类再磨磨机给矿及磨机溢流筛析结果

再磨机种类	立磨机		球磨机	
	产品粒级/ μm	粗精矿含量/%	旋流器溢流含量/%	粗精矿含量/%
+180	0.90	0.07	1.20	0.15
-180+20	2.12	0.27	3.13	0.84
-120+74	18.68	5.24	19.73	9.47
-74+45	21.56	9.19	21.13	14.81
-45+38	18.51	28.23	19.39	16.08
-38+10	28.87	38.76	23.43	34.84
-10	9.36	18.24	10.54	23.81
累计	100.00	100.00	100.00	100.00

从表 2 中可以发现,老选厂再磨机采用普通球磨机,其溢流产品 $-45\ \mu\text{m}$ 含量为 74.73%,达不到再磨产品粒度要求,另外 $-10\ \mu\text{m}$ 含量为 23.81%过粉碎现象较严重;新选厂再磨机采用立磨机,磨矿产品粒度达到设计要求,同时过粉碎程度较小,主要是因为立磨机内部形成了分级,合格粒级物料易从立磨机溢流口排出.

3 立磨机构造、工作原理及技术特性

银山选矿厂引进使用的立磨机 VTM-800 作为国内首台引进该种细磨设备,使用效果良好.现就立磨机构造、工作原理及技术特性做简单介绍.

3.1 立磨机构造

银山选矿厂选用 Metso 公司生产的 VTM-800 立磨机作为粗精矿再磨磨机,其构造如图 1 所示,主要部件为搅拌磨矿介质的搅拌螺旋和为搅拌提供动力的部件变速电机,它是由一台行星齿轮减速机驱动的.其他部件有筒体、加球口、入料口和配套的分级箱及循环泵^[1].

3.2 立磨机工作原理及技术特性

立磨机^[1-4]在做为粗精矿再磨磨机时常与水力旋流器配套使用,以增加磨矿的选择性.工作时旋流器沉砂从磨机上部给矿口给入,受到分别来自叶片内球与球、叶片与球、筒体内部与球

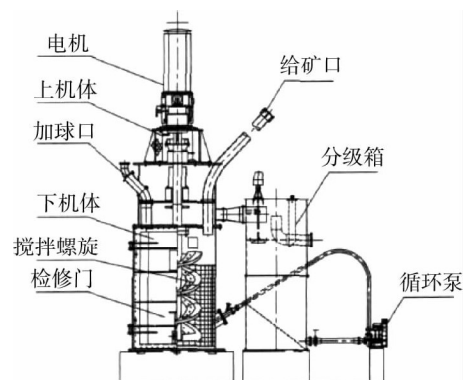


图 1 立磨机构造

的摩擦作用和叶片外缘与筒体内壁间隙内球的研磨作用产生的磨剥离作用达到粉磨效果;另外还有少量的剪切和冲击作用使之磨细^[5,6].立磨机还自带一个配套的分级箱,它不仅可以将立磨机溢流及时进行分级,将粗颗粒及时返回到立磨机再磨,减轻旋流器的负荷;还可以有效调节磨机中物料的上升速度,防止过度磨矿改善产品粒度分布^[1].

由于立磨机不需要转动筒体,磨矿主要是以磨剥作用为主,所需要的螺旋搅拌机构转速很低且磨机内介质与矿物颗粒接触非常紧密,使得加在立磨机上的动力基本上都产生有效的磨矿作用,能源利用率高.与传统球磨机磨矿介质上升抛落的运动形式相比较立磨机磨矿介质主要是蠕动,幅度较小,所以一般立磨机的磨矿介质消耗传统球磨机低.除了能耗低、介质消耗低两大主要优势,立磨机设备基础简单、安装费用低、维修简单、占地面积小、噪音低也是越来越受青睐.

3.3 立磨机运行过程中主要参数的设定

3.3.1 介质粒度

介质粒度被认为是到目前为止影响立磨机最重要的参数,首先需要足够粗的磨矿介质去磨碎磨机给矿中的粗颗粒,其次磨矿介质粒度与磨矿能耗有一定的关系,选择优化的介质粒度不仅可以降低立磨机的能耗还可以增加立磨机的处理能力^[7-10].研究表明选择合适的钢球尺寸是解决细磨作为效率低、能耗高的一个重要途径^[8].

银山选矿厂采用的 VTM-800 立磨机磨矿介质采用锻钢球,底球尺寸有 3 种: $\Phi 25 \text{ mm} : \Phi 20 \text{ mm} : \Phi 12.5 \text{ mm} = 5 : 4 : 1$.补加球采用 $\Phi 25 \text{ mm}$ 钢球,单耗对原矿按 0.2 kg/t 的量添加.再磨旋流器溢流产品粒度小于 $45 \mu\text{m}$ 占 83% 左右,大于 $74 \mu\text{m}$ 含量可以控制在 6% 以下,较好的满足了分离粗选作业对粒度的要求.当小于 $45 \mu\text{m}$ 粒级含量偏少时可以适当补加一定量的 $\Phi 12.5 \text{ mm}$ 钢球,同理当大于 $74 \mu\text{m}$ 粒级含量过多时可以在正常补加球的同时再添加一定量的 $\Phi 25 \text{ mm}$ 以调节磨矿产品的粒级分布.

3.3.2 磨机转速

立磨机为搅拌磨机的一种,是靠离心力推动磨矿介质从而使矿粒破碎的.提高立磨机转速被认为可以部分降低磨矿能耗^[7].磨机的转速在银山选矿厂是通过磨机运行电流这个参数来显示控制的.通过对现场磨机运行电流大小和磨机产品粒度分布情况的跟踪对比考察,结果表明立磨机主机电流强度在 53 A 左右时,磨矿产品粒度较合理.

3.3.3 介质装载量

介质的装载量与磨机能耗和磨机的驱动功率都密切相关,适当增加介质装载量可以降低能耗,但过载则有可能造成磨矿介质溢出^[7,9].银山选矿厂立磨机磨矿介质装载量一般是控制在 26% 左右.停车后生产技术人员对立磨机中的装载率进行测量,通过测量立磨机中球位的高度来估算介质装载量.然后根据装载率大小进行调节补加球量的大小,使磨机介质装载量维持在 26% 左右.

3.3.4 磨矿浓度

为使磨矿产品达到粒度要求,又只消耗较小的能源高效的磨矿,认为是有最佳磨矿浓度.磨矿浓度直接影响磨机中矿浆的流变特性,较高浓度矿浆会减缓磨矿介质的运动,较适合物料的细磨^[7,11].银山选矿厂在保持旋流器沉砂浓度在 55%~65% 左右时,主机电流在 53 A 左右时都能取得合格粒度的磨矿产品.

立磨机在使用过程中将分级箱的沉砂打回到立磨机底部形成向上的物流的循环泵多次出现堵塞的情况,操作人员常拿水冲稀释来解决这个问题,导致当班浮选指标明显变差,对磨矿产品进行考察也发现其中粗颗粒含量严重偏高.为使立磨机稳定操作,应严禁用水长时间稀释矿浆浓度.

4 经济效益概算

对比 2012 年全年立磨机与普通再磨机产品粒度组成,如表 3 所示.

有效粒级主要是 $-74 \mu\text{m}+45 \mu\text{m}$ 及 $-45 \mu\text{m}+38 \mu\text{m}$, $-38 \mu\text{m}$.立磨产品 $-74 \mu\text{m}+45 \mu\text{m}$ 含金属量比普通再磨机少: $(14.81\% \times 0.02) - (9.19\% \times 0.02) = 0.112 \%$.

$-45 \mu\text{m}+38 \mu\text{m}$ 含金属量比普通再磨机多: $(20.23\% \times 0.0212) - (16.08\% \times 0.0178) = 0.142 \%$.

$-38 \mu\text{m}$ 含金属量比普通再磨机多: $(65\% \times 0.023) - (58.65\% \times 0.0168) = 0.510\%$.

根据该矿矿石生产实践, $-74 \mu\text{m}+45 \mu\text{m}$ 粒级对回收率影响约占 10%,而 $-45 \mu\text{m}+38 \mu\text{m}$ 为 35%,

-38 μm 为 50%。计算得使用立磨机后增加的回收率: $0.142\ 7\% \times 0.35 + 0.510\% \times 0.50 - 0.112\ 4\% \times 0.01 = 0.304\%$ 。

表3 2012年全年立磨机与普通再磨机产品粒度组成对比

粒级/ μm	普通再磨机		立磨机	
	含量/%	Cu 品位/%	含量/%	Cu 品位/%
-74	10.46	2.244	5.58	2.329
-74+45	14.81	2.001	9.19	2.033
-45+38	16.08	1.778	20.23	2.121
-38	58.65	1.677	65.00	2.302

由此可以概算出 2 种磨机使用经济情况,概算结果如表 4 所示。

表4 立磨与球磨机使用经济效益情况对比

比较项目	名称	普通再磨机	立磨机
设备	型号	$\Phi 3.2\ \text{m} \times 6.4\ \text{m}$ 球磨机	VTM-800-WB
	安装功率/kW	1 000	600
电耗	单价/(元/kWh)	0.47	0.47
	年耗电量/(万元/a)	372.24	223.34
运营成本	单价/(元/t 钢球)	5 200	5 200
	单耗/(kg/t 矿石)	0.35	0.25
	年耗/万元	364	260
	衬板		
	单价/(万元/套)	16	80
	单耗/(套/a)	1	1
	年耗/万元	16	80
	差异/(万元/a)	+188.9	
增加收益	增加的金属回收率/%	-	0.304%
	增加的金属量/(t/a)	-	24.32
	增加的收益/(万元/a)	-	248.61

* 按银山选矿厂年处理量约 200 万 t,原矿品位 0.4%,铜平均无税价 4.2 万/t 计算。

由表 4 可以发现,银山新选厂选用 VTM-800 立磨机作为粗精矿再磨机较选用普通球磨机每年大约可以节约 189 万元成本。

现场生产再磨机使用立磨机及常规球磨机生产数据对比如表 5 所示。

表5 使用不同再磨机现场生产指标

磨机	原矿品位/%		铜精矿品位/%		硫精矿品位/%		尾矿品位/%		回收率/%	
	Cu	S	Cu	S	Cu	S	Cu	S	Cu	S
球磨机	0.46	9.45	17.20	37.99	0.224	40.08	0.043	1.004	83.31	82.71
立磨机	0.39	8.60	17.43	37.29	0.198	41.23	0.036	0.984	83.91	83.20

从现场使用不同磨机作为粗精矿再磨机生产指标数据可以发现,使用立磨机较使用球磨机生产指标铜金属回收率提高了近 0.6 个百分点,硫金属回收率提高了近 0.49 个百分点。

5 立磨机使用应重点注意的几个问题

1) 立磨机短时间停机备用时,应继续打开循环泵继续在封闭回路中泵送,这样磨机中矿浆就不会沉淀在磨机、分离槽或循环泵中而产生“埋死”的状况,避免因负荷过大而无法正常工作。较长时间停止立磨机时要先将立磨机中物料放空至磨矿浓度小于 5%,且每隔一周均需开启立磨机运行 10 min 以上,以保证磨机中介质和物料的松散度,预防产生“埋死”的现象。长时间停止立磨机一般均需要打开检修门放掉一部分钢球,但应至少保持 60 cm 的钢球堆积深度来避免主轴因晃动过大对设备造成损害。

2) 银山选矿厂选用的磨矿介质是锻造钢球,在磨矿过程中产生的铁离子对铜硫分离粗选的选择性有

一定程度的影响.作为立磨机磨矿介质的材质除了钢球还有河砂、采石场砾石、粒状熔炼炉渣等.银山选矿厂采用顽石替换钢球作为磨矿介质较好地解决了再磨机磨矿产生铁离子“污染”矿浆的问题.

3)立磨机投入使用一次性投资较大,一般矿山难以承受其高昂的费用,银山选矿厂和上海龙翔设备有限公司合作开发了一台国产立磨机,目前正在调试使用中,可为立磨机的国产化、价格廉价化做出贡献.

6 结论

1)铜硫混合粗精矿再磨使用球磨机较难得到设计粒度要求,使用立磨机不仅可以达到要求还可以有效减少“过磨”现象的发生,两者运行经济效益对比发现,后者每年可以为矿山带来近 189 万元的效益.

2)用顽石替换钢球作为立磨机磨矿介质是可行的,建议矿山进行立磨机选型时将顽石做为磨矿介质进行选型,同时考虑顽石添加基础设备设施的设计.

参考文献:

- [1] 郑描,刘威.VTM 立磨机在银山选矿厂的应用[J].有色设备,2013(2):38-40.
- [2] 黄礼龙,张国旺,宋晓岚,等.基于 MATLAB/Simulink 的立磨机批次磨矿的建模与仿真研究[J].矿冶工程,2016(3):26-30.
- [3] 周宏喜,卢世杰,袁树礼,等. KLM -630 型立磨机在铁精矿细磨中的应用[J].现代矿业,2016(7):233-234.
- [4] 卢世杰,韩登峰,周宏喜,等.立式螺旋磨矿技术在选矿中的发展与应用[J].有色金属(选矿部分),2011(4):90-95.
- [5] 严金中.立磨机磨矿原理的探讨[J].矿冶工程,1998,18(1):27-30.
- [6] 张国旺,杨剑波,石德俊,等.立式螺旋搅拌磨矿机的研制及其在钼矿再磨擦洗作业中的应用[J].有色金属(选矿部分),2009(1):23-26.
- [7] 高明炜,李长根,崔洪山.细磨和超细磨工艺的最新进展[J].国外金属矿选矿,2006,43(12):19-23,11.
- [8] 潘新潮,段希祥.选矿厂细磨磨矿介质的选择及研究[J].有色金属设计,2002,29(4):26-31.
- [9] 鄢富坤,肖庆飞,罗春梅.现阶段我国磨矿设备的研究进展及发展方向[J].矿产综合利用,2013(2):12-16.
- [10] 王清华,李建平,刘学信.搅拌磨的研究现状及发展趋势[J].洁净煤技术,2005,11(3):101-103.
- [11] Sinnott M. Slurry flows in a tower mill[J].Miner Engineering,2010(11):2.