

某超贫铜多金属矿伴生铁选别提质增效实践

高天龙

(会理县马鞍坪矿山废石综合利用有限责任公司, 四川 会理 615146)

摘要: 超贫铜多金属矿是国内有色金属矿石资源的重要组成部分, 该类型矿石因其自身原矿赋存品位特低、回收难度较大而出名, 同时选别工艺指标要求较高、生产成本较高。根据有价回收金属嵌布粒度的不同, 采用阶段磨矿阶段选别, 实现综合回收。磁性铁回收是综合回收铜、钴、钼、铁、金、银六种金属金属中的一种, 通过铁磁选工艺流程改造、设备更新、磨矿细度提高等措施, 实现了复杂原矿回收铁精矿品位提高 5 个百分点以上同时磁性铁回收率不降低、铁精矿含水率由 20% 降低到 9% 以下的目标, 达到了提高铁选别技术指标同时提高生产效益的目的。

关键词: 超低品位; 铜多金属矿; 磁性铁选别; 提质增效

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2019.02.026

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2019) 02-0124-04

马鞍坪选矿厂处理主要处理四川某露天采场所丢弃的矿山废石及部分别夹石。其入选矿石含铜 0.214%, 钴 0.01%, 钼 0.009%, 铁 11%, 为超贫的铜多金属矿石, 产品以铜为主, 综合回收钴、钼、铁、金、银、硫六种元素。磁性铁作为半生金属, 在铜、钼、钴金属浮选后磁选回收。选矿厂每年矿山废石及别夹石 210 万 t 以上, 综合回收利用资源包括铜金属 2500t、铁金属 15 万 t、钼金属 350t、钴金属 100t, 完成各类税费 400 万元以上。实现矿山废石资源化综合利用、减少了矿山固体废物废弃物污染, 践行绿色发展。

1 原料的工艺矿物学特性^[1]

矿石密度: 2.976 t/m³; 松散系数: 1.6 t/m³;

矿石硬度系数: $f = 8 \sim 12$;

原料化学分析见表 1。

表 1 原料化学分析 /%

Table 1 Chemical analysis of the materials

Cu	Mo	Co	MgO	SiO ₂	Au*
0.215	0.014	0.016	1.96	45.48	0.22
S	P	As	Ag*	Re	Fe
1.87	0.27	0.0053	1.05	<0.0004	11

* 单位为 g/t。

2 选矿车间磁选作业生产工艺现状

2.1 铁磁选工艺流程、主要设备及主要指标

马鞍坪选矿厂铁磁选原料为铜钼混合浮选尾矿, 基本流程为一次粗选、粗精矿经一次磨矿分级后两次精选, 最终得到铁精矿, 粗选作业尾矿抛尾。铁再磨采用一段磨矿一次分级闭路流程, 选用 MQY 2700 mm × 3600 mm 溢流型球磨机配 Φ500 mm 水力旋流器组成闭路磨矿。该磁选工艺流程相对简单, 适应性强, 生产稳定可靠, 在原矿品位较高且性质稳定时可获得较好的铁精矿产品。工艺流程见图 1。

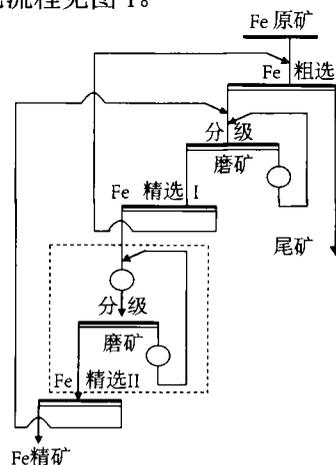


图 1 Fe 磁选工艺流程

Fig. 1 Technical process of magnetic separation

收稿日期: 2018-09-04

作者简介: 高天龙 (1985-), 男, 主要研究方向有色金属选矿工艺、选矿药剂、选矿设备、矿山生产实践等。

2.2 铁磁选工艺流程中存在的主要问题

铁磁选正常生产中,发现以下2个问题:

(1) 随着原矿铁品位下降及原矿性质复杂多变,铁精矿品位逐年下降达不到生产要求,剔夹石原矿选别铁精矿品位56%;云母型原矿选别铁精矿品位由52%;马牙子型铁原矿选别铁精矿品位由54%。

(2) 铁精矿含水率20%以上,达不到生产要求。

3 问题原因、解决方案及方案比选

3.1 铁精矿品位不达标原因

(1) 原矿工艺矿物学性质^[1-2]表明,马鞍山选厂原矿品位低于工业边界品位,处理的矿山废石平均铁品位11%左右,铁矿物主要为磁铁矿,其次为赤铁矿与褐铁矿。脉石矿物主要为石英、钠长石、黑云母(白云母),其次为方解石、白云石、长石、碳酸盐、绿泥石等。矿石类型主要为石英钠长岩和黑云母片岩型。从表1历年年累计铁指标对比可以看出铁原矿品位在10%~12%之间波动,铁精矿品位逐年下降低至52%,铁产率、回收率逐年提高;具体见表1统计数据(2011年-2015年)。根据选矿工艺指标原则,回收率提高会导致精矿品质降低,但马鞍山选厂生产指标下降有一个重要原因原矿性质变化,生产中有部分原矿含云母(称云母型原矿),导致铁精矿品位下降至52%以下,铁精矿产量约1万t;部分原矿含石英、长石、方解石等脉石极高(称马牙子石型原矿),导致铁精矿品位54%以下,铁精矿产量约2万吨。此两种铁精矿总量约占全年总产量20%,品位不达标。

表1 历年年累计铁指标统计数据

Table 1 Statistics data of accumulated iron indexes

项目	年份	2012	2013	2014	2015	2016	平均	备注
品位 /%	原矿	11.16	12.02	10.8	11.54	10.31	11.17	
	铁精矿	56.01	55.23	53.18	52.35	60.17	55.39	16年为
	尾矿	7.54	7.7	6.81	7.42	6.55	7.20	技改后
指标 /%	产率	7.47	9.09	8.6	9.17	7.01	8.27	数据
	回收率	37.48	41.76	42.37	41.6	40.92	40.83	

(2) 为找到铁精矿品位不达标的原因,针对铁磁选工艺流程考察,发现精选I精矿品位与精选II精矿品位相近,铁精矿品位提高不明显,只提升1-3个百分点;进一步分析考察分析得知,选别作业要求磨矿产品细度是-0.074 mm 85%以上^[1],

但磨矿产品实际细度是-0.074 mm 77%,低于选别作业要求8个百分点。磨矿细度不满足选别作业需求,最终影响选别指标。对含云母、马牙子石类铁精矿进行0.106 mm、0.074 mm、0.045 mm、0.038 mm粒级筛析,化验粒级样品位,计算金属分布率^[3],具体见表2、表3。通过表2属据可以看出,铁精矿-0.074 mm累计产率77%、累计金属分布88.02%;对比正常生产中品位达到60%以上铁精矿粒级筛析及金属分布数据,可以发现低品位铁精矿杂质含量较高,主要集中在0.074 mm,是影响精矿品位的最重要因素。同时验证了磨矿细度不足是影响精选作业指标的重要原因。期望通过进一步提高磨矿分级效率、提高磨矿细度、引进新型磁选设备或改进选别工艺等,以提高选别指标。

表2 铁精矿粒级筛析、粒级品位及金属分布(技改前)

Table 2 Iron concentrate grain sieve analysis, grain grade and metal distribution (before technical improvement)

粒级/mm	产率/%			品位/%	金属分布/%		
	个别	正累计	负累计		个别	正累计	负累计
+0.0106	15.00	15.00	100.00	24.96	7.14	7.14	100.00
-0.106+0.074	8.00	23.00	85.00	31.76	4.84	11.98	92.86
-0.074+0.045	22.50	45.50	77.00	50.50	21.66	33.63	88.02
-0.045+0.038	6.50	52.00	54.50	60.20	7.46	41.09	66.37
-0.038	48.00	100.00	48.00	64.39	58.91	100.00	58.91
Σ	100.00			52.47	100.00		

表3 铁精矿粒级筛析、粒级品位及金属分布(技改后)

Table 3 Iron concentrate grain sieve analysis, grain grade and metal distribution (after technical improvement)

粒级/mm	产率/%			品位/%	金属分布/%		
	个别	正累计	负累计		个别	正累计	负累计
+0.0106	5.5	5.50	100.00	36.799	3.34	3.34	100.00
-0.106+0.074	3	8.50	94.50	34.523	1.71	5.06	96.66
-0.074+0.045	19	27.50	91.50	59.239	18.60	23.66	94.94
-0.045+0.038	6	33.50	72.50	39.267	3.89	27.55	76.34
-0.038	66.5	100.00	66.50	65.929	72.45	100.00	72.45
Σ	100.00			60.51	100.00		

(3) 铁精矿脱水工艺由于陶瓷过滤器只有1台,随着铁精矿产率提高,逐渐不满足生产主要,未能及时过滤而采用沉淀池沉淀脱水的铁精矿水分高达20%以上,即使高低水分铁精矿配矿水分也不能满足生产要求。

3.2 解决方案

(1) 由于超低品位矿石中有价矿物的嵌布粒

级较细，对选别作业要求较高，为实现优异的铁选别指标，需要从铁原矿工艺矿物学性质、铁磁选工艺流程合理性、设备工作效率、磨矿细度是否满足选别要求等多方面加以论证，开展综合性技术攻关，以实现铁选别精矿品位、回收率双提高、精矿品位含水大幅降低，从而实现提质增效的目标，达到铁精矿“提质降杂”的目的，结合目前国内外磁铁矿选别技术及本选厂现有生产条件，考虑提出四种可行性方案：铁精矿反浮选除杂、利用磁选柱选别、使用高频振动细筛筛分分级、新型磁选机结合铁磁选精选 I 精矿二次磨矿^[4]。

(2) 对于铁精矿含水较高，考虑使用增添过滤设施、设备，降低含水率。

3.3 方案比选

针对低品位铁精矿约占总量 20% 这因素，结合选厂实际生产状况，铁精矿反浮选除杂、利用磁选柱选别及使用高频振动细筛筛分分级均需购买新的设备、建设新的选别工艺流程，车间空间及结构布置^[5]新的设备及工艺流程较为困难、经济效益不明显，另车间原钴选别停用后闲置小型溢流型球磨机、可通过工艺流程改造，将该球磨机引入铁磁选流程，进一步提高磨矿细度，以满足选别工艺要求。对铁磁选粗选提高磁场强度以保证或进一步提高回收率、第一次精选提高磁场强度提高铁精矿品位，以提高铁精矿指标^[6]。

4 铁磁选工艺流程改造及设备更新

依据上述方案，对磨矿工艺流程改造、磁选设备更新及脱水工艺流程改造。

4.1 磨矿工艺流程改造及调整

依据方案对现有生产流程进行改造，主要是利用车间原有钴再磨 MQY(1500×3000)mm 溢流型球磨机配 Φ250 mm 水力旋流器组组成闭路对铁精选一精矿进行再磨，具体见图 1 虚线框。

图 1 虚线框磨矿流程可根据原矿性质变化及铁磁选需要与原流程组合或分开使用，而不影响生产停车。

磨矿分级作业最终产品不合格原因较多，如磨矿作业钢球制度不合理、磨矿分级工艺流程不满足生产要求、磨矿分级效率不足等。对铁磁选磨矿流程钢球制度变更^[7]，以满足生产要求，具体见表 4。

表 4 钢球制度变更对比

Table 4 Comparison of steel ball system change

项目	钢球规格 /mm				配比	备注
初装球	60	50	40	30	1:1:1:1	变更前
补加球	60	50			1:1	
初装球	50	40	30	20	1:1:1:1	变更后
补加球	50	40			1:1	

4.2 设备变更

设备变更主要是球磨机衬板更换，球磨机衬板有普通衬板更换为磁性衬板，衬板使用寿命有 1.5 年提高至 3.5 年；Φ500 mm 水力旋流器沉沙嘴由 Φ70 mm 更换为 Φ60 mm；旋流器给矿渣浆泵控制柜有由普通改为变频器控制柜，使旋流器给矿更加稳定。磁选工艺流程不变，磁选机型号不变；对部分磁选作业设备主体部件磁选机滚筒进行更换，磁场强度提高^[8]，具体见表 5。

表 5 磁选机滚筒更换前后磁场强度对比

Table 5 Comparison of magnetic field strength before and after the replacement of the drum of the magnetic separator

作业	原磁选机 /Gs	新磁选机 /Gs
粗选	3000	5000
Fe 精选 I	2000	3000
Fe 精选 II	1800	1800

4.3 脱水流程改造

选矿车间铁精矿脱水工艺改造，新增添 1 台陶瓷过滤器；对陶瓷过滤器陶瓷板进行定制，使陶瓷板过滤孔径更适合铁精矿粒度，有效降低铁精矿水分达到 9% 以下；对陶瓷过滤器超声波清洗系统进行创造性改造，陶瓷过滤器超声波发生器由 4 个一组改为每两排陶瓷板之间有 1 组超声波发生器的活动式清洗系统，大幅提高陶瓷过滤器清洗效率；具体见专利^[9]：一种用于陶瓷过滤器的活动式超声波清洗池。由此铁精矿脱水工艺陶瓷过滤器工作制度 8 h/班 变更为 6 h/班，工作负荷降低，工作效率提高。

5 结 论

(1) 选矿车间各类型原矿选别铁精矿品位提高5个百分点以上; 剔夹石矿石选别铁精矿品位由56%提高到61%以上; 云母型型矿石选别, 铁精矿品位由52%提高到57%以上; 马牙子矿石选别, 铁精矿品位由54%提高到59%以上; 铁精矿指标充分满足生产需要。

(2) 球磨机磨矿分级溢流细度由77%左右提高到85%以上, 提高8个百分点, 充分满足铁选别工艺要求。设备运转率提高、磨矿分级效率提高, 充分满足磨矿作业需要、满足生产需要。

(3) 铁精矿含水率整体将至9%以下, 尤其是部分自然沉淀的铁精矿含水率由20%以上降低11个百分点, 铁精矿含水率指标充分满足公司生产经营需要。

(4) 铁选别粗选、精选I提高磁选机滚筒磁场强度, 更适合现有工艺流程及铁回收, 有利于提高铁精矿品位及保证回收率提高不降低。

(5) 铁磁选精选I产品经再磨提高磨矿细度

后再进行精选, 对云母型、马牙子石型原矿铁回收指标提高作用明显。

参考文献:

- [1] 周强. 会理县马鞍坪矿山废石综合利用有限责任公司矿山废石综合利用工程可行性研究报告[R]. 昆明有色设计研究院; 2006.10; K115-12SQ1.21-24.
- [2] 周乐光. 工艺矿物学[M].3版.北京:冶金工业出版社, 2007.1.
- [3] 韩跃新. 粉体工程[M].长沙:中南大学出版社, 2011.77-135.
- [4] 朱世俊. 选矿试验研究与产业化[M].北京:冶金工业出版社, 2004.
- [5] 冯守本. 选矿厂设计[M].北京:冶金工业出版社, 1996.
- [6] 王常任. 磁电选矿[M].北京:冶金工业出版社, 1986.5.
- [7] 李启衡. 碎矿与磨矿[M].北京:冶金工业出版社, 1980.1-5; 171-181;
- [8] 孙长泉, 孙成林. 选矿厂工艺设备安装与维修[M].北京:冶金工业出版社, 2010.
- [9] 艾立胜、吴莉娟、林魏, 等. 一种用于陶瓷过滤机的活动式超声波清洗池[P]. 中国: 专利号 ZL 2015 2 1005559.X.

Quality Improvement of Associated Iron Ore In Ultra Lean Copper Polymetallic Deposit

Gao Tianlong

(Huili County Maanping Mine Waste Rock Comprehensive Utilization Limited Liability Company, Huili, Sichuan, China)

Abstract: Ultra-lean copper polymetallic ore is an important part of non-ferrous metal ore resources in China. This type of ore is famous for its low grade of original ore and difficult recovery. At the same time, it requires high separation process index and high production cost. According to the different distribution size of valuable recovery metal, stage grinding is adopted, realizing comprehensive recovery. Magnetic iron recovery is one of the six metals of copper, cobalt, molybdenum, iron, gold and silver. By means of ferromagnetic separation process transformation, equipment renewal and grinding fineness improvement, the grade of iron concentrate recovered from complex raw ore can be increased by more than 5%, the recovery rate of iron concentrate can not be reduced, and the water content of iron concentrate can be increased by. The target of reducing 20% to less than 9% has reached the goal of raising the technical index of high-speed railway separation and improving the production efficiency.

Keywords: Ultra low grade; Copper polymetallic ore; Magnetic iron separation; Quality improvement and synergistic effect