

柿竹园磁铁矿粗精矿提质选矿实验

龙冰, 谢加文, 黄伟生, 徐涛, 许道刚, 吴江岳恩

(湖南柿竹园有色金属有限责任公司, 湖南 郴州 423037)

摘要: 柿竹园钨钼铋萤石多金属矿伴生有少量的磁铁矿, 其全铁品位为 7.15%, 磁铁矿中铁品位为 1.68%, 占全铁的 23.50%。该钨钼铋萤石多金属矿整个选矿工艺流程采用“柿竹园法”, 其中, 在回收钨、钼、铋、萤石等有用矿物前, 采用中磁磁选将磁铁矿优先脱出, 以避免磁铁矿对后续选别作业造成干扰, 产出磁铁矿粗精矿。由于近年来铁矿石价格上涨态势明显, 为进一步提高矿产资源的综合利用率和挖掘企业新经济增长点, 决定对该磁铁矿粗精矿进行提质选矿实验研究。通过对该磁铁矿粗精矿矿石性质进行研究, 发现该磁铁矿粗精矿存在嵌布粒度细、含磁硫高的特点。为提高磁铁矿精矿品质, 必须提高磁铁矿精矿中铁的品位, 同时还要降低磁铁矿精矿中硫的含量。提高磁铁矿精矿铁品位采用细磨的方法, 使磁铁矿充分单体解离, 然后通过弱磁选可将铁精矿品位提高; 而要降低磁铁矿精矿中硫含量的方法, 一般来说采用反浮选脱硫, 需要通过实验找到跟该矿石性质相适应的反浮选脱硫工艺流程与参数, 确保磁铁矿中磁硫的高效脱除。在经过系统的选矿实验研究后, 确定了采用先脱磁再反浮选脱硫, 再通过阶段磨矿阶段选别的选矿工艺流程, 可以大幅度提高最终磁铁矿精矿品质。在磁铁矿粗精矿品位 TFe 38.19%、含 S 4.51% 时, 可以获得最终磁铁矿精矿品位 TFe 60.85%、含 S 0.99%, 铁作业回收率 72.13% 的良好实验指标。该工艺在现场得到应用, 通过优化现场流程结构配置, 取得良好效果, 为企业新增经济效益显著。

关键词: 磁铁矿; 粒度细; 磁硫高; 脱磁; 反浮选; 磨矿

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2022.04.008

中图分类号: TD951 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2022) 04-0041-07

柿竹园钨钼铋萤石多金属矿, 属于大型矽卡岩型矿床, 蕴含 143 种元素, 素有“世界有色金属博物馆”的美誉。目前, 柿竹园有两个多金属选矿厂, 总处理量为 7200 t/d, 主要回收的有价元素为 WO_3 、Mo、Bi、 CaF_2 、S、Fe, 其选矿主干流程为: 磁选脱铁—钼铋硫全浮—黑白钨混浮—萤石浮选。柿竹园多金属矿体中含 TFe 7.15%, 其中磁铁矿中铁为 1.68%, 占全铁的 23.50%, 磁黄铁矿中铁约为 0.20%, 占全铁的 2.80%。由于铁含量较低, 柿竹园在很长一段时间都只将其作为附加产品在回收, 仅通过磁选, 得到磁铁矿粗精矿。

近年来, 随着工业的快速发展, 国家对钢铁的需求越来越大, 加上大量进口优质铁矿石以及国际铁矿资源价格的大幅度上涨, 回收贫细高硫

磁铁矿越来越成为我国选矿界关注的焦点^[1]。同时, 公司大力倡导自主科技创新, 为进一步提高矿产资源综合利用率和挖掘企业新的经济效益增长点, 特此开展磁铁矿粗精矿提质选矿实验研究。

1 矿石性质

1.1 化学成分分析

以现场生产磁铁矿粗精矿作为本实验研究对象, 该磁铁矿粗精矿化学多元素分析结果见表 1。

从表 1 可知, TFe 品位为 38.19%, S 为 4.51%, 属于高硫磁铁矿。经工艺矿物学研究表明, 该磁铁矿粗精矿磁铁矿是最主要的金属矿物, 次为磁黄铁矿和黄铁矿, 偶见辉铋矿、辉钼矿和白钨矿。脉石矿物较常见的是石英、辉石、角闪石、

收稿日期: 2020-06-06

作者简介: 龙冰 (1988-), 男, 高级工程师, 主要从事复杂多金属矿选矿分离技术研究工作。

石榴石、萤石、云母、绿泥石和少量方解石。

表 1 磁铁矿粗精矿化学多元素分析结果/%

Table 1 Result of chemical multi-element analysis of magnetite rough concentrate									
TFe	S	SiO ₂	CaF ₂	WO ₃	Sn	Mo	Bi	Al ₂ O ₃	CaO
38.19	4.51	20.99	12.78	0.08	0.12	0.003	0.05	3.24	4.78

1.2 粒度组成分析

对该磁铁矿粗精矿进行粒度筛析, 结果见表 2。

表 2 磁铁矿粗精矿粒度筛析结果

Table 2 Result of particle size analysis of magnetite coarse concentrate							
粒级/mm	产率/%		品位/%		分布率/%		
	个别	负累计	TFe	S	TFe	S	
+0.15	11.73	100.00	19.51	1.21	5.99	3.15	
-0.15+0.10	13.19	88.27	18.83	1.13	6.50	3.30	
-0.10+0.075	9.86	75.08	23.14	2.81	5.97	6.14	
-0.075+0.045	20.45	65.22	34.39	6.22	18.42	28.20	
-0.045+0.030	11.63	44.77	46.14	6.50	14.05	16.76	
-0.030+0.025	5.50	33.14	49.89	6.14	7.18	7.49	
-0.025+0.019	9.85	27.64	56.56	5.62	14.59	12.27	
-0.019	17.79	17.79	58.58	5.75	27.29	22.68	
合计	100.00		38.19	4.51	100.00	100.00	

从表 2 可知, 磁铁矿粗精矿品位低而含硫高, TFe 仅为 38.19%, 硫含量达 4.51%。-0.075 mm 65.22%, 其中 -0.019 mm 17.79%, 铁品位仅为 58.58%、硫含量为 5.75%。可见, 该磁铁矿的嵌布粒度极为微细, 通过进一步细磨、磁选才能提高磁铁矿精矿铁品位。又因原矿中含磁黄铁矿, 而磁黄铁矿具有强磁性在弱磁精选过程中会得到进一步富集, 故还需采用反浮选脱硫才能提高该磁铁矿精矿品质, 但磁黄铁矿可浮性较差, 所以磁黄铁矿与磁铁矿的分离是本实验重点研究内容^[2]。

2 实验部分

为了有效提高该粗精矿品质, 本研究主要围绕降低铁精矿硫含量和提高铁精矿铁品位开展工作。对比了先再磨, 再磁选, 最终铁精矿再反浮选脱硫工艺与先反浮选脱硫, 再磨, 再磁选工艺的指标情况, 根据实验结果最终确定先反浮选脱硫, 再磨, 再磁选工艺比较适合用于该粗精矿提质。分析原因主要是由于该粗精矿中磁黄铁矿嵌布粒度相对较粗, 解离度相对较高, 再磨至最终

铁精矿所需的细度时已泥化, 硫脱除难度大, 因此考虑粗精矿直接反浮选脱硫。

对此开展了一系列条件实验研究, 主要包括浮选前脱磁与不脱磁对比、磨矿细度、硫酸用量、硫酸铜用量、捕收剂种类与用量、捕收剂组合比例、浮选浓度、脱硫后再磨细度等, 探索不同条件对该磁铁矿选矿指标的影响, 条件实验流程见图 1。

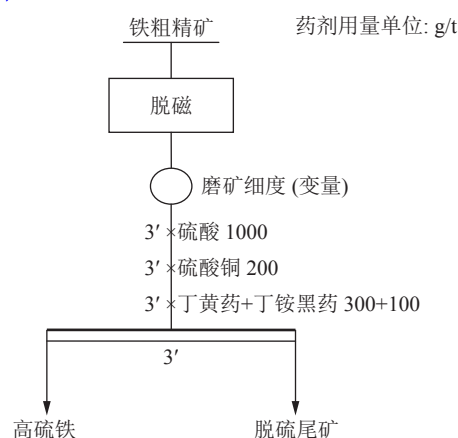


图 1 反浮选脱硫条件实验流程
Fig.1 Test flow of desulfurization conditions in reverse flotation

2.1 脱磁与不脱磁对脱硫指标的影响

为防止其剩磁引起的磁团聚现象可能对脱硫指标造成的影响^[3], 在不磨矿的情况下, 进行了脱磁与不脱磁脱硫对比实验, 实验结果见表 3。

表 3 脱磁与不脱磁脱硫实验结果

Table 3 Desulfurization test results of demagnetization and non demagnetization reverse flotation						
实验条件	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Fe	S	Fe	S
脱磁	高硫铁	13.75	56.01	27.46	20.17	83.72
	脱硫为矿	86.25	35.35	0.85	79.83	16.28
	给矿	100.00	38.19	4.51	100.00	100.00
不脱磁	高硫铁	18.11	55.91	20.04	26.45	79.76
	脱硫为矿	81.89	34.38	1.12	73.55	20.24
	给矿	100.00	38.28	4.55	100.00	100.00

从表 3 可知, 脱磁再进行脱硫浮选, 损失在高硫铁中的铁金属量明显减少, 且脱硫更彻底, 说明该磁铁矿存在较明显的磁团聚现象, 故脱硫之前都进行脱磁处理。

2.2 磨矿细度对反浮选脱硫指标的影响

适宜的磨矿细度既能保证有用矿物较高的单

体解离，又不至于造成过粉碎而恶化浮选环境，所以找到合适的磨矿细度极其重要^[4]。本实验粗精矿中硫主要为磁黄铁矿，且较易泥化，对比了不同磨矿细度对脱硫指标的影响，实验结果见表 4。

表 4 磨矿细度反浮选脱硫实验结果
Table 4 Desulfurization test results of grinding fineness reverse flotation

-0.074 mm 含量/%	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Fe	S	Fe	S
65.22	高硫铁	13.75	56.01	27.46	20.17	83.72
	脱硫尾矿	86.25	35.35	0.85	79.83	16.28
	给矿	100.00	38.19	4.51	100.00	100.00
73.61	高硫铁	14.90	55.81	24.61	21.76	81.67
	脱硫尾矿	85.10	35.14	0.97	78.24	18.33
	给矿	100.00	38.22	4.49	100.00	100.00
85.27	高硫铁	16.93	54.11	21.45	23.99	80.70
	脱硫尾矿	83.07	34.95	1.05	76.01	19.30
	给矿	100.00	38.19	4.50	100.00	100.00
94.56	高硫铁	19.34	52.40	18.06	26.52	77.10
	脱硫尾矿	80.66	34.82	1.29	73.48	22.90
	给矿	100.00	38.22	4.53	100.00	100.00

从表 4 可知，随着磨矿细度的增加，反浮选泡沫产品高硫铁硫回收率在逐渐下降，而脱硫尾矿中铁回收率也呈下降的趋势，说明该矿不适合磨矿后脱硫，因此确定反浮选脱硫不需再进行磨矿。

2.3 硫酸用量对反浮选脱硫指标的影响

适宜的 pH 值能起到有利于目的矿物上浮同时进一步拉大与其它矿物差异的效果，考查硫酸作为 pH 值调整剂时对脱硫指标的影响，实验结果见表 5。

从表 5 可知，随着硫酸用量的增大，高硫铁中铁和硫的品位略有上升，脱硫尾矿中铁回收率略有上升但硫含量升高，综合考虑，确定硫酸用量以 1000 g/t 为宜。

2.4 硫酸铜用量对反浮选脱硫指标的影响

磁黄铁矿属于较难浮选的含硫矿物，其活化剂种类与用量很关键，经过探索实验筛选，确定硫酸铜作其活化剂，考查了其用量对脱硫指标的影响，实验结果见表 6。

从表 6 可知，随着硫酸铜用量的增大，高硫铁中硫回收率先逐渐升高后趋于稳定，而脱硫尾矿中铁回收率呈下降趋势，故确定硫酸铜用量以 200 g/t 为宜。

表 5 硫酸用量反浮选脱硫实验结果

Table 5 Test results of desulfuration by reverse flotation with sulfuric acid consumption

硫酸用量/(g·t ⁻¹)	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Fe	S	Fe	S
0	高硫铁	16.40	54.26	23.30	23.28	85.29
	脱硫尾矿	83.60	35.07	0.79	76.72	14.71
	给矿	100.00	38.22	4.48	100.00	100.00
500	高硫铁	14.62	55.24	26.46	21.16	84.83
	脱硫尾矿	85.38	35.25	0.81	78.84	15.17
	给矿	100.00	38.17	4.56	100.00	100.00
1000	高硫铁	13.75	56.01	27.46	20.17	83.72
	脱硫尾矿	86.25	35.35	0.85	79.83	16.28
	给矿	100.00	38.19	4.51	100.00	100.00
1500	高硫铁	11.22	57.50	28.84	16.90	72.39
	脱硫尾矿	88.78	35.74	1.39	83.10	27.61
	给矿	100.00	38.18	4.47	100.00	100.00
2000	高硫铁	10.33	57.87	29.64	15.62	67.74
	脱硫尾矿	89.67	36.00	1.63	84.38	32.26
	给矿	100.00	38.26	4.52	100.00	100.00

表 6 硫酸铜用量反浮选脱硫实验结果

Table 6 Test results of desulfuration by reverse flotation with copper sulfate consumption

硫酸铜 用量/(g·t ⁻¹)	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Fe	S	Fe	S
150	高硫铁	12.97	56.10	27.62	19.02	79.43
	脱硫尾矿	87.03	35.59	1.07	80.98	20.57
	给矿	100.00	38.25	4.51	100.00	100.00
200	高硫铁	13.75	56.01	27.46	20.17	83.72
	脱硫尾矿	86.25	35.35	0.85	79.83	16.28
	给矿	100.00	38.19	4.51	100.00	100.00
250	高硫铁	14.17	56.20	26.42	20.86	83.94
	脱硫尾矿	85.83	35.21	0.83	79.14	16.06
	给矿	100.00	38.18	4.46	100.00	100.00
300	高硫铁	14.88	56.19	25.22	21.89	83.95
	脱硫尾矿	85.12	35.06	0.84	78.11	16.05
	给矿	100.00	38.20	4.47	100.00	100.00

2.5 捕收剂种类与用量对反浮选脱硫指标的影响

合适的捕收剂能大幅度提高浮选效率，许多研究也表明混合用药的分选效果比单独使用一种药剂的效果好^[5]。考查了乙硫氮、丁黄药、丁铵黑药、石油磺酸钠等对脱硫指标的影响，实验结果见表 7。

表 7 捕收剂种类与用量反浮选脱硫实验结果
Table 7 Test results of desulfuration by reverse flotation with type and amount of collector

捕收剂种类与用量/ (g·t ⁻¹)	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Fe	S	Fe	S
乙硫氮 300+2#油100	高硫铁	7.61	57.31	28.54	11.42	47.32
	脱硫尾矿	92.39	36.63	2.62	88.58	52.68
	给矿	100.00	38.20	4.59	100.00	100.00
丁黄药 300+2#油100	高硫铁	12.31	56.86	27.14	18.32	74.41
	脱硫尾矿	87.69	35.59	1.31	81.68	25.59
	给矿	100.00	38.21	4.49	100.00	100.00
丁黄药 300+石油磺 酸钠100	高硫铁	14.65	52.71	18.32	20.18	59.38
	脱硫尾矿	85.35	35.78	2.15	79.82	40.62
	给矿	100.00	38.26	4.52	100.00	100.00
丁铵黑药 400	高硫铁	19.35	50.24	13.61	25.44	58.78
	脱硫尾矿	80.65	35.34	2.29	74.56	41.22
	给矿	100.00	38.22	4.48	100.00	100.00
丁黄药 300+丁铵黑 药100	高硫铁	13.75	56.01	27.46	20.17	83.72
	脱硫尾矿	86.25	35.35	0.85	79.83	16.28
	给矿	100.00	38.19	4.51	100.00	100.00
乙硫氮 300+丁铵黑 药100	高硫铁	10.31	54.37	24.06	14.64	55.12
	脱硫尾矿	89.69	36.43	2.25	85.36	44.88
	给矿	100.00	38.28	4.50	100.00	100.00

从表 7 可知，单一捕收剂对该粗精矿中硫脱除效果不好，组合捕收剂丁黄药+丁铵黑药效果最好，其用量以 300 g/t+150 g/t 为宜。

2.6 捕收剂对比对反浮选脱硫指标的影响

固定丁黄药与丁铵黑药总用量为 400 g/t，考查丁黄药与丁铵黑药对比对脱硫指标的影响，实验结果见表 8。

从表 8 可知，随着组合捕收剂丁黄药与丁铵黑药配比的不断增大，脱硫尾矿中铁回收率逐渐增高，但硫含量逐渐升高，综合考虑，丁黄药与丁铵黑药配比以 3:1 较为适宜。

2.7 浮选浓度对反浮选脱硫指标的影响

浓度也是影响浮选效果的一个关键因素，考查了浮选浓度对脱硫指标的影响，实验结果见表 9。

从表 9 可知，随着浮选浓度的提高，脱硫尾矿中硫含量先降低后升高，确定浮选脱硫浓度以 40% 为宜。

2.8 脱硫后再磨细度对铁磁选指标的影响

脱硫后尾矿需要进行再磨再磁选才能得到高品位的铁精矿，考查了不同磨矿细度对再磁选铁

精矿品位的影响，实验流程见图 2，实验结果见表 10。

表 8 丁黄药与丁铵黑药配比反浮选脱硫实验结果
Table 8 Test results of desulfuration by reverse flotation with ratio of xanthate and ammonium butoxide

丁黄药与丁铵 黑药配比	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Fe	S	Fe	S
1:1	高硫铁	19.86	54.20	20.19	28.13	88.52
	脱硫尾矿	80.14	34.31	0.65	71.87	11.48
	给矿	100.00	38.26	4.53	100.00	100.00
2:1	高硫铁	16.72	55.03	22.82	24.10	85.55
	脱硫尾矿	83.28	34.80	0.77	75.90	14.45
	给矿	100.00	38.18	4.46	100.00	100.00
3:1	高硫铁	13.75	56.01	27.46	20.17	83.72
	脱硫尾矿	86.25	35.35	0.85	79.83	16.28
	给矿	100.00	38.19	4.51	100.00	100.00
4:1	高硫铁	12.31	56.41	27.72	18.19	75.49
	脱硫尾矿	87.69	35.61	1.26	81.81	24.51
	给矿	100.00	38.17	4.52	100.00	100.00
5:1	高硫铁	11.25	56.48	28.31	16.62	69.84
	脱硫尾矿	88.75	35.92	1.55	83.38	30.16
	给矿	100.00	38.23	4.56	100.00	100.00
6:1	高硫铁	9.84	57.20	28.93	14.73	63.26
	脱硫尾矿	90.16	36.14	1.83	85.27	36.74
	给矿	100.00	38.21	4.50	100.00	100.00

表 9 浮选浓度反浮选脱硫实验结果
Table 9 Flotation concentration reverse flotation desulfurization test results

浮选浓度/%	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Fe	S	Fe	S
25	高硫铁	10.83	57.06	28.65	16.17	68.65
	脱硫尾矿	89.17	35.92	1.59	83.83	31.35
	给矿	100.00	38.21	4.52	100.00	100.00
30	高硫铁	12.09	56.74	28.34	17.93	75.64
	脱硫尾矿	87.91	35.71	1.26	82.07	24.36
	给矿	100.00	38.25	4.53	100.00	100.00
35	高硫铁	13.11	56.13	28.16	19.22	82.04
	脱硫尾矿	86.89	35.59	0.93	80.78	17.96
	给矿	100.00	38.28	4.50	100.00	100.00
40	高硫铁	13.75	56.01	27.46	20.17	83.72
	脱硫尾矿	86.25	35.35	0.85	79.83	16.28
	给矿	100.00	38.19	4.51	100.00	100.00
45	高硫铁	14.48	55.34	25.51	20.96	81.36
	脱硫尾矿	85.52	35.33	0.99	79.04	18.64
	给矿	100.00	38.23	4.54	100.00	100.00

从表 10 可知，随着磨矿细度的增加，磁选铁精

矿品位逐渐升高，确定脱硫后再磨细度 -0.037 mm 95.0%。

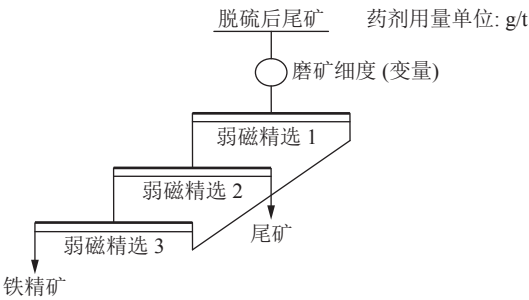


图 2 脱硫后再磨细度条件实验流程

Fig.2 Test process of regrind fineness conditions after desulfurization

综上所述，该磁铁矿粗精矿提质实验研究，通过先脱磁再反浮选脱硫再磨再磁工艺，可获得铁精矿铁品位 60.85%、含硫 0.99%，铁作业回收率 72.13% 实验指标。

3 工业应用

以实验室研究结果为依据，对铁粗精矿进行提质改造，优化现场流程结构配置，采用先反浮选脱硫，再阶段磨矿、阶段选别工艺流程。另

外，丁黄药与丁铵黑药按 3:1 混合配制，使用更方便；最后一次精选采用淘洗磁选机，可以充分解开磁链和磁团聚，减少脉石矿物的夹杂^[6]。工业应用工艺流程见图 3，工业调试流程查定指标见表 11，生产指标见表 12。

表 10 脱硫尾矿再磨细度磁选实验
Table 10 Test results of regrinding fineness magnetic separation of desulfurization tailings

-0.037 mm 含量/%	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Fe	S	Fe	S
80	铁精矿	58.61	56.20	0.90	93.05	62.06
	尾矿	41.39	5.95	0.78	6.95	37.94
	给矿	100.00	35.40	0.85	100.00	100.00
85	铁精矿	56.36	57.80	0.94	92.02	62.33
	尾矿	43.64	6.47	0.73	7.98	37.67
	给矿	100.00	35.40	0.85	100.00	100.00
90	铁精矿	54.07	59.61	0.96	91.05	61.07
	尾矿	45.93	6.90	0.72	8.95	38.93
	给矿	100.00	35.40	0.85	100.00	100.00
95	铁精矿	52.56	60.85	0.99	90.35	61.22
	尾矿	47.44	7.20	0.69	9.65	38.78
	给矿	100.00	35.40	0.85	100.00	100.00

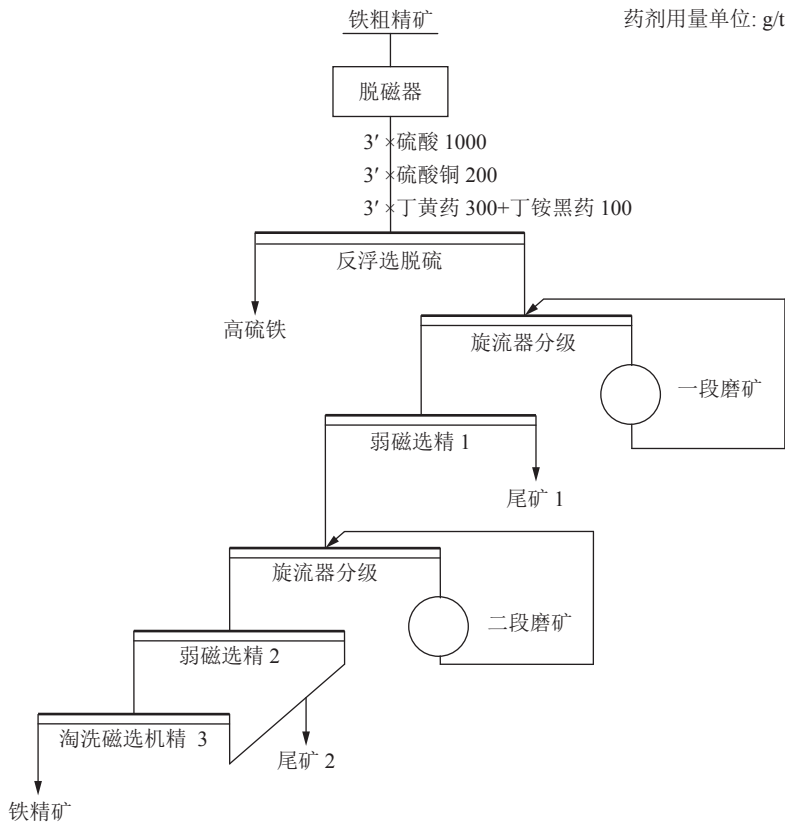


图 3 工业应用铁粗精矿提质工艺流程

Fig.3 Industrial application process flow of iron coarse concentrate quality improvement

表 11 工业调试流程查定指标
Table 11 Inspection indexes of industrial commissioning process

产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
		Fe	S	Fe	S
高硫铁	14.10	55.47	27.34	20.46	84.54
尾矿1	24.73	6.82	0.62	4.41	3.36
铁精矿	45.31	60.46	0.97	71.66	9.64
尾矿2	15.86	8.37	0.71	3.47	2.46
给矿	100.00	38.23	4.56	100.00	100.00

表 12 铁精矿生产指标情况
Table 12 Production indexes of iron concentrate

时间	Fe品位%	S品位%
2019年09月	60.83	0.96
2019年10月	60.31	0.99
2019年11月	60.57	0.97
2019年12月	60.76	0.98
2020年03月	60.42	0.96
2020年04月	60.54	0.99

从表 11、12 可知, 铁粗精矿提质改造后工艺流程适应性强, 尤其是反浮选脱硫药剂种类少、流程短、操作简单, 铁精矿品质稳定可靠, 新增经济效益显著。

4 结 论

(1) 柿竹园多金属矿铁粗精矿 TFe 品位为 38.19%, S 为 4.51%, 该磁铁矿嵌布粒度极为微细, 硫主要为磁黄铁矿, 属于高硫细粒难选磁铁矿。

(2) 粗精矿提质采用先反浮选脱硫, 再通过阶段磨矿阶段选别的工艺流程, 在铁粗精矿品位 TFe 38.19%、含 S 4.51% 时, 可以获得最终磁铁矿精矿品位 TFe 60.85%、含 S 0.99%, 铁作业回收率 72.13% 的实验指标, 磁铁矿粗精矿提质效果显著。

(3) 根据实验结果指导现工艺流程改造, 优化现场流程结构配置, 工业应用效果良好, 磁铁矿粗精矿提质新增经济效益显著。

(4) 反浮选脱硫药剂种类少、流程短、操作

简单, 丁黄药与丁铵黑药混合配制, 使用更方便。在最后一次精选作业应用淘洗磁选机, 可以充分解开磁链和磁团聚, 减少脉石矿物的夹杂, 保障精矿品质稳定。

参考文献:

- [1] 陈于海, 胡佛明, 程传麟, 等. 超贫磁铁矿高压辊磨-粗细双抛尾选矿工艺研究[J]. *矿产综合利用*, 2019(4):46-49.
- CHEN Y H, HU F M, CHENG C L, et al. Study on mineral processing of high-pressure roller mill-coarse and fine double throwing tailings for ultra-low-grade magnetite ores[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2019(4):46-49.
- [2] 刘国蓉, 刘万峰, 刘承帅. 某磁铁矿提质降杂技术[J]. *矿冶*, 2018, 27(6):10-15.
- LIU G R, LIU W F, LIU C S. Technology of improving quality and reducing impurity of magnetite ore[J]. *Mining and Metallurgy*, 2018, 27(6):10-15.
- [3] 朱殿冰, 朱巨建, 赵通林. 磁选柱结构改进及优化研究[J]. *中国矿业*, 2016, 25(5): 121-123.
- ZHU D B, ZHU J J, ZHAO T L. Study on improvement and optimization of magnetic separation column structure [J]. *China Mining Magazine*, 2016, 25(5): 121-123.
- [4] 李炼, 戴思行, 王飞洋, 等. 改善赤铁矿磨矿效果的试验探索[J]. *矿产综合利用*, 2019(1):61-65.
- LI L, DAI S X, WANG F Y, et al. Exploring of improving the grinding effects of hematite[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2019(1):61-65.
- [5] 王录锋, 张高庆. 攀枝花低品位钒铁磁铁矿钛组合捕收剂研究[J]. *矿产综合利用*, 2020(2):65-70.
- WANG L F, ZHANG G Q. Study on the titanium combination capture agent for low-grade vanadium titanium magnetite of Panzhihua[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(2):65-70.
- [6] 范素月, 马卫东, 高磊. 淘洗磁选机在某些磁铁矿精选中的应用[J]. *现代矿业*, 2012(12):96-99.
- FAN S Y, MA W D, GAO L. Application of elutriating magnetic separator in some magnetite concentrate[J]. *Modern Mining*, 2012(12):96-99.

Experimental Study on Beneficiation of Coarse Concentrate from Shizhuyuan Magnetite Mine

Long Bing, Xie Jiawen, Huang Weisheng, Xu Tao, Xu Daogang, Wu Jiangyueen
(Hunan Shizhuyuan Nonferrous Metals Co., Ltd., Chenzhou, Hunan, China)

Abstract: A small amount of magnetite is associated with the Shizhuyuan Tungsten Molybdenum Bismuth Fluorite polymetallic ore, the total iron grade is 7.15%, the iron grade in the magnetite is 1.68%, which is 23.50% of the total iron. “Shizhuyuan method” is used in the whole beneficiation process of the tungsten-molybdenum-bismuth-fluorite polymetallic ore, in which the magnetite is preferentially removed by medium magnetic separation before recovering tungsten, molybdenum, bismuth, fluorite and other useful minerals, in order to avoid the interference of magnetite to the subsequent separation operation, the coarse magnetite concentrate is produced. In order to further improve the comprehensive utilization rate of mineral resources and excavate the new economic growth point of the mining enterprises, it is decided to carry out the experimental study on beneficiation of coarse concentrate of magnetite ore. Through the study on the properties of the magnetite coarse concentrate, it is found that the magnetite coarse concentrate has fine particle size distribution and high magnetic sulfur content. In order to improve the quality of magnetite concentrate, the grade of iron in magnetite concentrate must be raised, and the sulfur content in magnetite concentrate must be reduced. To raise the iron grade of magnetite concentrate, fine grinding method is used to separate magnetite from its monomer, and then the iron grade of magnetite concentrate can be raised by weak magnetic separation, while to reduce the sulfur content of magnetite concentrate, reverse flotation is generally used to remove sulfur, it is necessary to find out the process flow and parameters of reverse flotation desulfurization suitable to the property of the ore in order to ensure the efficient removal of magnetic sulfur from magnetite ore. After the systematic experimental study on beneficiation, it is determined that the final magnetite concentrate quality can be greatly improved by first demagnetizing, then by reverse flotation, and then by stage grinding. When the magnetite rough concentrate grade TFe 38.19% and S 4.51%, the final magnetite concentrate grade TFe 60.85%, S 0.99% and iron recovery 72.13% can be obtained. The process has been applied in the field, and good results have been achieved by optimizing the configuration of the field flow structure.

Keywords: Magnetite; Fine particle size; High magnetic sulfur; Demagnetization; Reverse flotation; Grinding