

攀西地区某生产细泥中钛铁矿的可选性研究^①

郑涪麟¹, 安登极²

(1.攀钢集团矿业有限公司,四川攀枝花 617063; 2.长沙矿冶研究院有限责任公司,湖南长沙 410012)

摘要:攀西某选钛厂生产中的浮选溢流细泥-0.025 mm 粒级含量 78.10%,TiO₂ 品位 8.33%。针对浮选溢流细泥的特点,进行了预富集除杂试验研究,选用选择性较好的新型分散剂 CC,可以获得品位 47.97%、回收率 73.09%的钛精矿,实现了细泥中钛铁矿的回收利用。

关键词:细泥; 钛铁矿; 磁选; 浮选

中图分类号: TD92

文献标识码: A

doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2023.03.019

文章编号: 0253-6099(2023)03-0084-05

Reclaiming Ilmenite Resources from Flotation Slime in Titanium Concentrator of Pan-Xi Region

ZHENG Fuling¹, AN Dengji²

(1. Mining Co Ltd, Panzhuhua Iron and Steel Group, Panzhuhua 617063, Sichuan, China; 2. Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co Ltd, Changsha 410012, Hunan, China)

Abstract: The fine slime collected from the flotation overflow in a titanium concentrator located at Panzhuhua-Xichang region, with fineness of -0.025 mm 78.10% and TiO₂ grade of 8.33%, was taken as the raw material for study. Based on the characteristics of this slime, a pre-enrichment process was adopted for impurity removal in an experiment, and CC, a new type of dispersant with good selectivity, was used in the following flotation. An ilmenite concentrate was obtained grading 47.97% TiO₂ at 73.09% recovery, indicating the titanium resources in the slime can be reclaimed.

Key words: fine slime; ilmenite; magnetic separation; flotation

攀西地区某选钛厂主体选钛工艺为强磁选-浮选,该工艺以脉动立环高梯度磁选机进行粗选、普通槽式浮选机进行精选^[1-2]。生产实践表明,-0.038 mm 粒级回收率非常低,且-0.038 mm 粒级进入细粒浮选系统造成现有细粒选钛生产不顺畅,因此,选钛厂通过原矿浓缩、浮选前浓缩等脱泥工艺,尽量把-0.038 mm 粒级分离出去,以保障选钛作业的正常生产,但却造成选铁、选钛磨矿作业产生的超细粒级钛铁矿直接排入尾矿库,暂未实现回收,而该部分钛铁矿占原矿的比例较高。因此,要实现攀西钒钛磁铁矿钛铁矿回收率大幅度提升,必须实现-0.038 mm 粒级钛铁矿的综合回收^[3-7]。

1 原料性质

试验原料为选钛厂生产中的斜板溢流,其主要化学组成分析结果见表 1,钛化学物相分析结果见表 2。由表 1~2 可以看出,试样中可供选矿回收的主要组分为

TiO₂, 钴、镍、钒等其他有价元素均因含量太低,综合利用价值不大。赋存于钛铁矿中的 TiO₂ 分布率为 80.60%。

表 1 试验原料主要化学成分分析结果(质量分数) %

TiO ₂	TFe	FeO	Fe ₂ O ₃	V ₂ O ₅	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
8.45	14.55	15.78	3.27	0.092	34.53	12.79	8.83
MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P	S	C	烧失
9.86	0.21	1.46	0.12	0.031	0.72	0.019	3.36

表 2 试验原料钛化学物相分析结果

钛物相	含量/%	分布率/%
钛铁矿中 TiO ₂	6.73	80.60
钛磁铁矿中 TiO ₂	0.12	1.44
金红石中 TiO ₂	0.06	0.72
硅酸盐中 TiO ₂	1.44	17.24
合计	8.35	100.00

① 收稿日期: 2022-12-19

作者简介: 郑涪麟(1970—),男,四川射洪人,高级工程师,主要从事选矿技术研究和生产管理工作。

通信作者: 安登极(1982—),男,湖南邵阳人,硕士,正高级工程师,主要从事选矿技术及装备研究。

钛铁矿是富集回收 TiO₂ 的主要目的矿物。采用 MLA 对原料中钛铁矿的解离情况进行了测定,结果列于表 3。结果表明,呈单体形式产出的钛铁矿占 93.57%。

表 3 原料中钛铁矿解离情况

单体/%	连生体/%			
	>3/4	3/4~1/2	1/2~1/4	<1/4
93.57	3.46	1.94	0.65	0.38

对原料进行了粒度组成测定和钛金属分布率测定,结果见表 4。结果表明,原料中钛铁矿粒度非常细,-0.025 mm 粒级含量达到了 78.10%,-0.019 mm 粒级含量达到了 65.07%,且粒度越细,TiO₂ 品位越高,其中-0.019 mm 粒级中 TiO₂ 品位达到了 9.10%。

表 4 原料粒度组成及钛金属粒级分布测定结果

粒级/mm	产率/%	TiO ₂ 品位/%	金属分布率/%
+0.038	14.08	4.70	7.83
-0.038+0.025	7.82	7.76	7.19
-0.025+0.019	13.03	9.64	14.88
-0.019	65.07	9.10	70.10
合计	100.00	8.45	100.00

2 试验研究

2.1 预富集试验研究

2.1.1 预富集工艺选择

原料 TiO₂ 品位仅 8.45%,需要经过预富集工艺初步富集后再给入浮选作业进一步提高品位。选钛预富集工艺有 ZH 强磁选、SHP 强磁选、立环高梯度磁选以及离心选矿等,对比了各工艺的选矿效率,结果见表 5。从表 5 可知,几种预富集工艺都能实现对细粒原料的富集作用,有效分选出脉石及杂质,其中采用 ZH 强磁选工艺选矿效率最高。

表 5 预富集工艺试验结果对比

预富集工艺	产品名称	产率/%	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 回收率/%	选矿效率/%
ZH 强磁选	精矿	52.07	12.60	79.45	32.47
	尾矿	47.93	3.54	20.55	
	给矿	100.00	8.26	100.00	
SHP 强磁选	精矿	68.88	10.21	84.46	20.50
	尾矿	31.12	4.16	15.54	
	给矿	100.00	8.33	100.00	
离心选矿	精矿	60.72	10.60	78.15	21.83
	尾矿	39.28	4.58	21.85	
	给矿	100.00	8.24	100.00	
立环高梯度	精矿	46.77	11.34	64.02	20.47
	尾矿	53.23	5.60	35.98	
	给矿	100.00	8.28	100.00	

2.1.2 ZH 强磁选工艺参数试验

尾矿清洗水压 0.25 MPa、给矿浓度 30%、磁场强度 560 kA/m 条件下,研究了 ZH 强磁选介质间隙对分选指标的影响,结果见表 6。从表 6 可知,介质间隙 1 mm 时选矿效率为 32.47%,选矿效率更高、选矿效果更好。

表 6 介质间隙试验结果

介质间隙/mm	产品名称	产率/%	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 回收率/%	选矿效率/%
1	精矿	52.07	12.60	79.45	32.47
	尾矿	47.93	3.54	20.55	
	给矿	100.00	8.26	100.00	
2	精矿	43.68	13.19	69.59	30.74
	尾矿	56.32	4.47	30.41	
	给矿	100.00	8.28	100.00	

介质间隙 1 mm,其他条件不变,尾矿清洗水压对 ZH 强磁选分选效果的影响见表 7。从表 7 可以看出,尾矿清洗水压从 0 增加到 0.25 MPa,选矿效率随之增大,说明增大尾矿清洗水压有利于提高强磁选精矿品位及选矿效果。后续选择尾矿清洗水压 0.25 MPa 进行试验。

表 7 尾矿清洗水压试验结果

尾矿清洗水压/MPa	产品名称	产率/%	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 回收率/%	选矿效率/%
0	精矿	93.48	8.52	97.71	5.01
	尾矿	6.52	2.86	2.29	
	给矿	100.00	8.15	100.00	
0.05	精矿	62.66	11.23	86.62	28.33
	尾矿	37.34	2.91	13.38	
	给矿	100.00	8.12	100.00	
0.1	精矿	62.22	11.50	86.17	28.43
	尾矿	37.78	3.04	13.83	
	给矿	100.00	8.30	100.00	
0.15	精矿	58.47	11.91	84.18	30.51
	尾矿	41.53	3.15	15.82	
	给矿	100.00	8.27	100.00	
0.20	精矿	57.67	12.04	83.76	30.97
	尾矿	42.33	3.18	16.24	
	给矿	100.00	8.29	100.00	
0.25	精矿	52.07	12.60	79.45	32.47
	尾矿	47.93	3.54	20.55	
	给矿	100.00	8.26	100.00	

尾矿清洗水压 0.25 MPa,其他条件不变,进行了 ZH 强磁选给矿浓度试验,结果见表 8。从表 8 可以看出,给矿浓度 20%时,ZH 强磁选选矿效率较高,为 33.45%,但考虑到给矿浓度 20%时 ZH 强磁选设备的处理能力受到影响,选择给矿浓度 30%进行后续试验。

表8 给矿浓度试验结果

给矿浓度/%	产品名称	产率/%	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 回收率/%	选矿效率/%
20	精矿	53.75	12.33	82.07	33.45
	尾矿	46.25	3.13	17.93	
	给矿	100.00	8.07	100.00	
30	精矿	60.59	11.56	85.15	29.10
	尾矿	39.41	3.10	14.85	
	给矿	100.00	8.23	100.00	
40	精矿	62.22	11.50	86.17	28.43
	尾矿	37.78	3.04	13.83	
	给矿	100.00	8.30	100.00	
50	精矿	64.07	11.24	87.17	27.40
	尾矿	35.93	2.95	12.83	
	给矿	100.00	8.26	100.00	

钛铁矿比磁化系数为 $(240 \sim 285) \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{g}$, 为弱磁性矿物, 太低的磁场强度很难捕获住钛铁矿, 但过高的磁场强度则使得脉石矿物和钛铁矿分离效果变差。给矿浓度 30%, 其他条件不变, 考查了 ZH 强磁选磁场强度对分选效果的影响, 结果见表 9。从表 9 可以

表9 磁场强度试验结果

磁场强度/ (kA · m ⁻¹)	产品名称	产率/%	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 回收率/%	选矿效率/%
400	精矿	28.29	16.66	55.36	32.29
	尾矿	71.71	5.30	44.64	
	给矿	100.00	8.51	100.00	
480	精矿	30.57	16.54	60.38	35.44
	尾矿	69.43	4.78	39.62	
	给矿	100.00	8.38	100.00	
560	精矿	40.83	14.96	71.97	37.13
	尾矿	59.17	4.02	28.03	
	给矿	100.00	8.49	100.00	
640	精矿	52.07	12.60	79.45	32.47
	尾矿	47.93	3.54	20.55	
	给矿	100.00	8.26	100.00	
720	精矿	60.19	11.86	84.30	28.73
	尾矿	39.81	3.34	15.70	
	给矿	100.00	8.47	100.00	
800	精矿	66.17	11.17	86.50	24.27
	尾矿	33.83	3.41	13.50	
	给矿	100.00	8.54	100.00	
880	精矿	69.39	10.39	87.84	21.86
	尾矿	30.61	3.26	12.16	
	给矿	100.00	8.21	100.00	
960	精矿	73.20	10.50	89.01	18.92
	尾矿	26.80	3.54	10.99	
	给矿	100.00	8.63	100.00	
1 040	精矿	73.84	10.36	89.58	18.79
	尾矿	26.16	3.40	10.42	
	给矿	100.00	8.54	100.00	

看出, 磁场强度 560 kA/m 时选矿效率较高, 此时可获得产率 40.83%、TiO₂ 品位 14.96%、回收率 71.97% 的钛精矿。

2.1.3 ZH 强磁选流程试验

在条件试验基础上, 进行了 ZH 强磁选流程试验, 结果如图 1 所示。从图 1 可以看出, 粗选尾矿冲洗水压 0.25 MPa、精选尾矿冲洗水压 0.20 MPa 时, 获得了 TiO₂ 品位 20.16%、回收率 65.76% 的钛精矿。

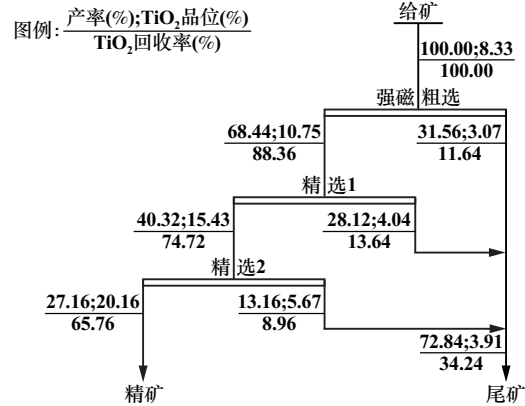


图1 ZH 强磁选数质量流程

2.2 浮选试验

采用 pH 值调整剂硫酸、分散剂 CC、捕收剂 MOS 对 ZH 强磁选所得粗钛精矿进行了浮选试验, 其中分散剂 CC 为长沙矿冶研究院有限责任公司自主研发的药剂, 捕收剂 MOS 为中南大学自主研发的药剂。在硫酸用量 2 000 g/t、MOS 用量 2 000 g/t 条件下进行了 CC 用量试验, 结果见表 10。结果表明, CC 用量 600 g/t 时, 可以获得 TiO₂ 品位 47.32%、回收率 57.62% 的钛精矿。

表10 CC 用量试验结果

CC 用量/ (g · t ⁻¹)	产品名称	产率/%	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 回收率/%
400	泥	14.27	19.46	13.69
	精矿	26.41	46.44	60.48
	中矿	32.05	13.87	21.92
	尾矿	27.27	2.91	3.91
	给矿	100.00	20.28	100.00
600	泥	15.35	19.62	14.77
	精矿	24.84	47.32	57.62
	中矿	29.60	15.88	23.05
	尾矿	30.21	3.08	4.56
	给矿	100.00	20.40	100.00
800	泥	14.84	19.85	14.45
	精矿	23.32	47.10	53.86
	中矿	23.57	21.22	24.53
	尾矿	38.26	3.82	7.17
	给矿	100.00	20.39	100.00

续表 10

CC 用量/ (g · t ⁻¹)	产品 名称	产率/%	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 回收率/%
1 000	泥	14.98	20.10	14.90
	精矿	21.94	47.21	51.23
	中矿	23.33	22.36	25.80
	尾矿	39.75	4.10	8.06
	给矿	100.00	20.21	100.00
1 200	泥	15.57	19.65	14.94
	精矿	20.94	47.68	48.74
	中矿	23.23	23.67	26.84
	尾矿	40.26	4.82	9.47
	给矿	100.00	20.48	100.00

在条件试验基础上,进行了浮选闭路试验,试验流程见图 2,结果见表 11。采用选择性较强的分散剂 CC,并采用中矿非顺序返回的浮选工艺流程,闭路试验可获得 TiO₂ 品位 47.97%、回收率 73.09%的钛精矿。

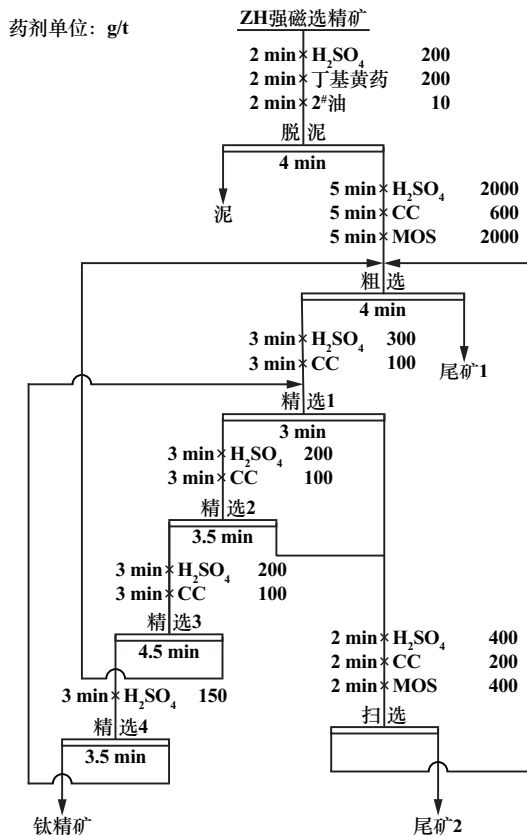


图 2 浮选闭路试验流程

表 11 浮选闭路试验结果

产品名称	产率/%	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 回收率/%
泥	12.34	19.44	11.74
钛精矿	31.12	47.97	73.09
浮选总尾矿	56.54	5.48	15.17
给矿(强磁粗选精矿)	100.00	20.42	100.00

3 分析与讨论

3.1 强磁选效果讨论

聚磁介质作为高梯度磁选机中捕获弱磁性矿物的结构体,其材质及形状对分选空间磁场特性、分选效果及介质使用寿命等均构成影响。无论是钢毛介质、网介质、齿板介质,还是棒介质,在应用中主要由铁基软磁材料如纯铁、低碳钢、铁素体导磁不锈钢、铁钴合金等原材料制作而成,其中以铁素体导磁不锈钢的应用较为广泛。聚磁介质材质的选取或改进通常综合考虑材料各方面的物理属性及介质生产与加工成本,新聚磁介质材质的研究通常以铁基材料为基体,根据预期性能添加特定元素或改变特定元素的含量而展开。采用 ZH 强磁选获得的选矿效率较好,是因为 ZH 强磁选机采用齿板介质,该介质能产生更利于微细粒钛铁矿和其他脉石矿物分离的磁场梯度,从而提高分选效率。ZH 强磁选分选效果分析结果见表 12。

表 12 ZH 强磁选钛金属粒级分布率分析结果

产品名称	产率/%	粒级/ μm	粒级 含量/%	粒级 产率/%	TiO ₂ 品位/%	回收 率/%	金属 分布率/%
精矿	27.16	+38	15.55	4.22	13.60	10.44	86.75
		-38+25	11.48	3.12	16.30	9.24	83.73
		-25+19	13.72	3.73	25.00	16.93	74.21
		-19	59.25	16.09	21.67	63.39	58.89
		合计	100.00	27.16	20.16	100.00	—
尾矿	72.88	+38	13.54	9.86	0.89	2.98	13.25
		-38+25	6.46	4.70	2.10	3.36	16.27
		-25+19	12.77	9.30	3.48	10.99	25.79
		-19	67.24	48.97	4.97	82.67	41.11
		合计	100.00	72.84	4.04	100.00	—
给矿	100.00	+38	14.08	14.08	4.70	7.84	100.00
		-38+25	7.82	7.82	7.76	7.19	100.00
		-25+19	13.03	13.03	9.64	14.86	100.00
		-19	65.07	65.07	9.10	70.11	100.00
		合计	100.00	100.00	8.45	100.00	—

3.2 浮选效果分析

微细粒钛铁矿原料中的脉石矿物大部分为含钛普通辉石,在浮选过程中,为了提高精矿品位,必须对钛辉石加以抑制。文献研究结果表明,在弱酸性条件下,水玻璃对钛辉石具有良好的抑制性,而对钛铁矿可浮性影响较小,从而能够实现两种矿物的分离。同时,钛铁矿表面带正电,钛辉石表面带负电,矿粒受静电作用容易发生异相凝聚,而水玻璃可以使钛铁矿表面电性负移,显著减弱异相凝聚对分离过程的影响,从而对浮选体系具有良好的分散作用。本次试验所用新型分散剂 CC 为有机高分子金属配合物,其中的有机高分子

与水分子之间产生了氢键和范德华力等作用力,提高了其在水溶液中的溶解度以及分散性,具有较好的分散性能。浮选效果分析结果见表13。

表13 浮选钛金属粒级分布率分析结果

产品名称	产率/%	粒级/ μm	粒级含 量/%	粒级产 率/%	TiO ₂ 品位/%	回收 率/%	金属 分布率/%
精矿	31.12	+38	12.72	3.96	46.86	12.48	87.72
		-38+25	12.00	3.73	45.58	11.45	90.98
		-25+19	19.69	6.13	48.76	20.10	87.12
		-19	55.59	17.30	48.10	55.97	64.81
		合计	100.00	31.12	47.97	100.00	—
尾矿	68.88	+38	16.83	11.59	2.24	4.82	12.28
		-38+25	11.24	7.74	2.18	3.13	9.02
		-25+19	11.02	7.59	5.82	8.20	12.88
		-19	60.91	41.96	10.77	83.85	35.19
		合计	100.00	68.88	7.82	100.00	—
给矿	100.00	+38	15.55	15.55	13.60	10.44	100.00
		-38+25	11.48	11.48	16.30	9.24	100.00
		-25+19	13.72	13.72	25.00	16.93	100.00
		-19	59.26	59.26	21.67	63.39	100.00
		合计	100.00	100.00	20.25	100.00	—

4 结 论

1) ZH强磁选可作为回收细泥中钛铁矿的有效工艺。经一粗两精强磁选,可获得TiO₂品位20.16%、回收率65.76%的粗钛精矿,有效脱除了干扰浮选的泥及

脉石矿物。

2) ZH强磁选预富集精矿再浮选选钛,采用新型分散剂CC,并采用中矿非顺序返回的浮选工艺流程,最终可获得TiO₂品位47.97%、回收率73.09%的钛精矿,有效防止了矿泥对浮选作业的干扰,实现了细泥中钛铁矿的回收。

参考文献:

- [1] 王洪彬,李丽匣,申帅平,等. 微细粒级钛铁矿预富集工艺研究[J]. 矿冶工程, 2016,36(5):37-40.
- [2] 安登气. 攀西某地-0.038 mm 粒级钛铁矿富集回收研究[J]. 矿冶工程, 2016,36(5):70-73.
- [3] ZHU Yang-ge, ZHANG Guo-fan, FENG Qi-ming, et al. Effect of surface dissolution on flotation separation of fine ilmenite from titanite [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2011,21(5):1149-1154.
- [4] 罗溪梅,童 雄. 钛铁矿浮选药剂的研究概况[J]. 矿冶, 2009,18(2):13-63.
- [5] 朱阳戈,张国范,冯其明,等. 微细粒钛铁矿的自载体浮选[J]. 中国有色金属学报, 2009,19(3):554-560.
- [6] 范桂侠,曹亦俊. 微细粒钛铁矿和钛辉石的剪切絮凝浮选行为[J]. 中国矿业大学学报, 2015,44(3):532-539.
- [7] 崔毅琦,王 凯,童 雄,等. 难选微细粒钛铁矿资源的回收利用研究概述[J]. 矿冶, 2014,23(6):14-17.

引用本文: 郑涪麟,安登极. 攀西地区某生产细泥中钛铁矿的可选性研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(3):84-88.

《矿冶工程》征订启事

《矿冶工程》(双月刊)由中国金属学会、长沙矿冶研究院有限责任公司主办,面向国内外公开发行人。本刊是中国期刊方阵“双效期刊”、全国中文核心期刊、《中国科学引文数据库》(CSCD)及《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊、中国核心学术期刊(RCCSE),是集学术性和技术性于一体的综合性刊物,已被中国知网(CNKI)、万方数据库、重庆维普资讯等全文收录,是国外多家知名检索机构的检索对象。

《矿冶工程》读者对象是采矿、选矿、冶金、材料、地质、化工等系统的有关生产人员、院校师生和管理人员。主要栏目为采矿、选矿、冶金、材料、矿冶行业企业管理等,内容新颖,是开拓、激发创造力的良师益友。

《矿冶工程》编辑部承接彩色、黑白及文字广告业务,欢迎各企事业单位来电来函联络。

《矿冶工程》真诚欢迎新、老订户向全国各地邮局订阅本刊,也可直接向编辑部订阅。邮发代号:42—58,大16开,定价20元/册,全年6册共120元。

地 址:湖南省长沙市麓山南路966号
邮 编:410012
电 话:(0731)88657070/88657176/88657173
传 真:(0731)88657186
E-mail:kuangyegongchengzz@163.com

联 系 人:黄小芳
开户名称:矿冶工程杂志(长沙)有限公司
开户银行:工商银行长沙左家垅支行
帐 号:1901013009201095502
网 址:http://www.kygczz.com