

攀西某钒钛铁精矿提质技术研究^①

陈福林¹, 文永才¹, 王志杰¹, 黄延¹, 黄立雨², 李硕¹

(1.攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司 钒钛资源综合利用国家重点实验室,四川 攀枝花 617000; 2.攀钢集团新白马矿业有限责任公司,四川 攀枝花 617000)

摘要:对攀西某钒钛铁精矿进行了提质技术研究。采用脱磁、0.074 mm 预先筛分分级、粗粒级再磨(磨矿细度-0.074 mm 粒级占92.85%)、磁选、细粒级直接磁选的分磨分选工艺,可使提质后铁精矿 TFe 品位提高 3.19 个百分点、SiO₂+Al₂O₃+MgO 含量降低 3.91 个百分点。

关键词:钒钛铁精矿; 提质; 工艺矿物学; 预先分级; 再磨; 磁选

中图分类号: TD92

文献标识码: A

doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2023.05.018

文章编号: 0253-6099(2023)05-0077-03

Improving Quality of Vanadium-Titanium Iron Concentrate in Panzhihua-Xichang Region

CHEN Fulin¹, WEN Yongcai¹, WANG Zhijie¹, HUANG Yan¹, HUANG Liyu², LI Shuo¹

(1.State Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Vanadium and Titanium Resources, Pangang Group Panzhihua Iron & Steel Research Institute Co Ltd, Panzhihua 617000, Sichuan, China; 2.Pangang Group Xinbaima Mining Co Ltd, Panzhihua 617000, Sichuan, China)

Abstract: Processing parameters were optimized to improve the quality of a vanadium-titanium iron concentrate from Panzhihua-Xichang region. A process flowsheet of staged grinding followed by mineral separation was adopted, consisting of demagnetization, pre-classification with 0.074 mm fine screen, regrinding of +0.074 mm range particles to a fineness of -0.074 mm 92.85% followed by magnetic separation, and direct magnetic separation of -0.074 mm range particles. It is shown that the obtained iron concentrate can have its TFe grade upgraded by 3.19 percentage points, and the total content of SiO₂, Al₂O₃ and MgO therein reduced by 3.91 percentage points.

Key words: vanadium-titanium iron concentrate; quality improvement; process mineralogy; pre-classification; regrinding; magnetic separation

钢铁工业作为国民经济的重要基础产业,为我国国民经济的快速发展作出了巨大贡献^[1-2]。钒钛磁铁矿以富含钒、钛为特征,主要分布于攀枝花-西昌地区,该区累计探明钒钛磁铁矿资源量占我国同类型矿产95%以上,占全国铁矿总储量15%以上^[3-7]。利用钒钛磁铁矿铁精矿生产生铁的主体流程为采矿-选矿-烧结(球团)-高炉冶炼^[1-2,8]。钒钛磁铁矿铁精矿富含TiO₂,导致入炉炉料 TFe 品位不高,且高炉冶炼过程中影响铁水、炉渣黏度,造成渣铁分离困难^[8]。长期以来,利用钒钛磁铁矿铁精矿炼铁的入炉 TFe 品位远低于普通铁矿石,造成了煤焦等燃料量和能耗偏高,推高

了炼铁成本,影响了企业的竞争能力^[8-10]。降低钒钛铁精矿中杂质含量、提高 TFe 品位有利于降低高炉炼铁燃料比、能耗和碳排放量。本文以攀西某钒钛铁精矿为研究对象,在工艺矿物学基础上进行了实验室提质试验,以降低杂质含量、提高 TFe 品位。

1 试验原料

试验原料取自四川攀枝花某选矿厂,矿样化学成分分析结果见表1。由表1可知,矿样主要有价成分为Fe和V₂O₅,影响铁精矿 TFe 品位的主要脉石成分为TiO₂、SiO₂、Al₂O₃、MgO。

① 收稿日期: 2023-05-06

作者简介: 陈福林(1982—),男,四川巴中人,工学硕士,高级工程师,主要从事矿产资源综合利用及钒钛磁铁矿选矿领域的科研工作。

表1 矿样化学成分分析结果(质量分数) %

TFe	FeO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Co	S	Cu	Ni
55.88	32.89	9.89	0.691	0.017	0.47	0.029	0.021
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Mn	Na ₂ O	K ₂ O	/
4.01	3.60	0.53	3.18	0.304	0.078	0.018	/

矿样矿物组成见表2,钛元素赋存状态见表3。矿样中脉石主要为绿泥石、蛇纹石、镁铝尖晶石和粒状钛铁矿等;钛铁矿(客晶)及镁铝尖晶石(客晶)以网格状、针状、絮状、细脉状和条带状镶嵌于钛磁铁矿基底,粒度普遍小于5 μm,形成特有的钒钛磁铁矿固熔体结构;橄榄石、绿泥石等脉石多呈粗粒且普遍与钛磁铁矿连生。

表2 矿样矿物组成及含量(质量分数) %

钛磁铁矿	钛铁矿(客晶)	粒状钛铁矿	磁黄铁矿	榍石	黄铜矿
76.05	7.37	1.35	1.33	0.51	0.10
黄铁矿	镁铝尖晶石(客晶)	镁铝尖晶石	绿泥石	钙长石	钠长石
0.01	0.99	1.47	3.54	1.44	0.37
蛇纹石	透闪石-阳起石	透辉石	方解石	橄榄石	白云石
3.47	0.44	0.32	0.24	0.20	0.17
磷灰石	黑云母	钾长石	其他	合计	
0.16	0.10	0.08	0.50	100.00	

表3 钛元素赋存状态分析结果

矿物名称	钛分布率/%
钛磁铁矿	49.69
钛铁矿(客晶)	40.68
粒状钛铁矿	7.47
榍石	2.16
合计	100.00

2 实验室提质试验

2.1 预先分级粒度对产品指标的影响

矿样脱磁后,采用筛分法对矿样进行预先分级,预先分级粒度对矿样粗、细粒产品产率、TFe品位及主要脉石组分的影响见表4。由表4可知,经预先分级,粗粒级产品和细粒级产品的TFe品位和SiO₂+Al₂O₃+MgO含量差异明显;随着分级粒度变细,各粒级粗、细产品的TFe品位和SiO₂+Al₂O₃+MgO含量差异呈收窄趋势。

2.2 粗粒级产品磨矿-磁选试验

以0.074 mm分级粗粒级产品为研究对象,采用图1所示流程进行磨矿-磁选试验,磁选设备为SXCT0503

表4 预先分级粒度对产品指标影响

分级粒度/mm	产品名称	产率/%	品位/%	
			TFe	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +MgO
0.15	+0.15 mm 粒级	7.71	43.11	27.30
	-0.15 mm 粒级	92.29	56.95	9.57
0.10	+0.10 mm 粒级	16.18	47.50	21.72
	-0.10 mm 粒级	83.82	57.50	8.85
0.074	+0.074 mm 粒级	26.08	50.23	18.23
	-0.074 mm 粒级	73.92	57.88	8.37
0.043	+0.043 mm 粒级	42.60	52.66	14.99
	-0.043 mm 粒级	57.40	58.27	7.93
0.038	+0.038 mm 粒级	49.56	53.34	14.16
	-0.038 mm 粒级	50.44	58.38	7.78

高频谐波磁场磁选机150 mT和250 mT各1台,磨矿细度对试验结果的影响见表5。由表5可知,粗粒级产品经磨矿-磁选,TFe品位显著提高;随着磨矿细度提高,精矿产率、TFe回收率和SiO₂+Al₂O₃+MgO含量逐渐降低,精矿TFe品位逐渐升高;精矿TiO₂品位随磨矿细度变化不大。

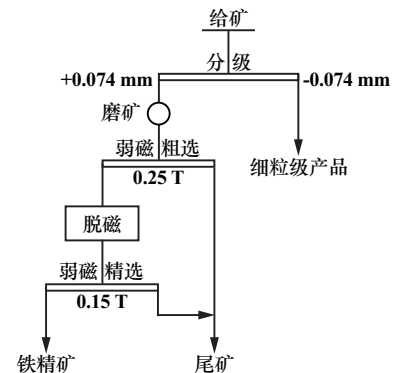


图1 粗粒级产品磨矿-磁选试验流程

表5 粗粒级产品磨矿-磁选试验结果

-0.074 mm 粒级含量/%	产品名称	作业 产率/%	品位/%			作业 回收率/%
			TFe	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +MgO	TiO ₂	
45.80	铁精矿	83.83	56.25	10.92	10.22	94.07
	尾矿	16.17	18.38	58.33	6.08	5.93
	给矿	100.00	50.13	18.59	9.55	100.00
64.15	铁精矿	82.45	57.25	9.57	10.31	93.87
	尾矿	17.55	17.56	59.11	6.17	6.13
	给矿	100.00	50.28	18.26	9.58	100.00
78.65	铁精矿	80.69	58.25	8.60	10.37	93.29
	尾矿	19.31	17.50	58.60	6.43	6.71
	给矿	100.00	50.38	18.26	9.61	100.00
87.45	铁精矿	79.39	58.50	7.79	10.37	92.65
	尾矿	20.61	17.88	58.37	6.58	7.35
	给矿	100.00	50.13	18.22	9.59	100.00
92.85	铁精矿	78.76	58.69	7.45	10.34	92.41
	尾矿	21.24	17.88	58.15	6.61	7.59
	给矿	100.00	50.02	18.22	9.55	100.00

2.3 细粒级产品磁选试验

采用图 2 所示流程对细粒级产品进行磁选试验,磁选设备为 SXCT0503 高频谐波磁场磁选机 150 mT 和 250 mT 各 1 台,试验结果见表 6。由表 6 可知,经两段磁选,可使细粒级产品 TFe 品位提高 0.88~1.37 个百分点;随着分级粒度变细,精矿产率、精矿 TFe 作业收率和 SiO₂+Al₂O₃+MgO 含量逐渐降低,精矿 TFe

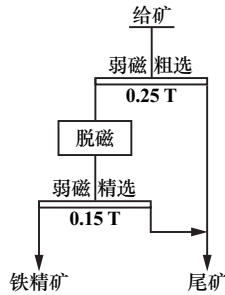


图 2 细粒级产品磁选试验流程

表 6 细粒级产品磁选试验结果

粒度/mm	产品名称	作业产率/%	品位/%			TFe 作业回收率/%
			TFe	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +MgO	TiO ₂	
-0.15	铁精矿	97.45	57.83	8.53	10.04	98.96
	尾矿	2.55	23.27	49.50	7.82	1.04
	给矿	100.00	56.95	9.57	9.98	100.00
-0.10	铁精矿	96.83	58.62	7.52	9.95	98.72
	尾矿	3.17	23.27	49.59	7.87	1.28
	给矿	100.00	57.50	8.85	9.89	100.00
-0.074	铁精矿	96.29	59.12	6.91	10.08	98.35
	尾矿	3.71	25.66	46.36	7.84	1.65
	给矿	100.00	57.88	8.37	10.00	100.00
-0.043	铁精矿	96.21	59.45	6.67	9.67	98.16
	尾矿	3.79	28.29	39.92	7.83	1.84
	给矿	100.00	58.27	7.93	9.60	100.00
-0.038	铁精矿	95.54	59.75	6.38	9.60	97.78
	尾矿	4.46	29.00	38.86	7.86	2.22
	给矿	100.00	58.38	7.78	9.52	100.00

品位、尾矿 TFe 品位和精矿铁金属损失率逐渐升高,精矿 TiO₂ 品位小幅变动,即使-0.038 mm 细粒级产品采用磁选也难使 TiO₂ 含量降低。

2.4 综合试验

综合表 5 及表 6 数据,采用脱磁-预先筛分分级(0.074 mm)-粗粒级再磨(-0.074 mm 粒级占 92.85%)-磁选-细粒级磁选的分磨分选工艺进行试验,试验流程见图 3,结果汇总于表 7。由表 7 可知,采用脱磁-预先筛分分级(0.074 mm)-粗粒级再磨(-0.074 mm 粒级占 92.85%)-磁选-细粒级磁选的分磨分选工艺,可获得产率 91.72%、TFe 品位 59.02%、TFe 回收率 96.96%的提质总铁精矿,TFe 品位提高了 3.19 个百分点, SiO₂+Al₂O₃+MgO 含量降低了 3.91 个百分点,尾矿产率 8.28%、TFe 品位 20.50%;无论细粒级产品磁选,还是粗粒级产品细磨后磁选,皆不能使 TiO₂ 含量降低;在图 3 的粒度和分选条件下,总铁精矿 SiO₂+Al₂O₃+MgO 含量达 7.03%;样品中钛磁铁矿与钛铁矿(客晶)和镁铝尖晶石(客晶)的特殊结构决定了其 TiO₂ 和 SiO₂+Al₂O₃+MgO 难以深度脱除。

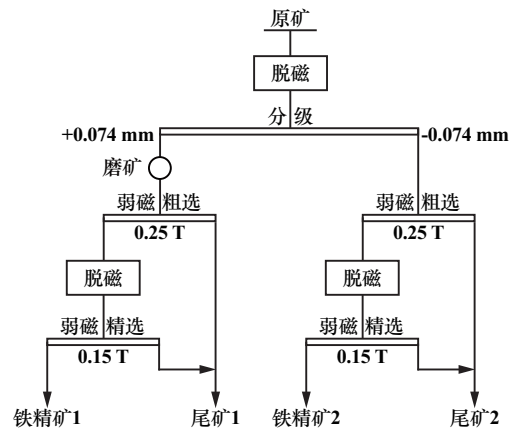


图 3 脱磁-粗细分磨分选试验流程

表 7 脱磁-粗细分磨分选试验结果

流程	产品名称	产率/%		品位/%			TFe 回收率/%	
		对作业	对原矿	TFe	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +MgO	TiO ₂	对作业	对原矿
+0.074 mm 粒级 磨矿-磁选	铁精矿 1	78.76	20.54	58.69	7.45	10.34	92.41	21.59
	尾矿 1	21.24	5.54	17.88	58.15	6.61	7.59	1.78
	给矿	100.00	26.08	50.02	18.22	9.55	100.00	23.37
-0.074 mm 粒级 磁选	铁精矿 2	96.29	71.18	59.12	6.91	10.08	98.35	75.37
	尾矿 2	3.71	2.74	25.66	46.36	7.84	1.65	1.26
	给矿	100.00	73.92	57.88	8.37	10.00	100.00	76.63
总流程	总铁精矿		91.72	59.02	7.03	10.14		96.96
	总尾矿		8.28	20.50	54.25	7.02		3.04
	原矿		100.00	55.83	10.94	9.88		100.00

3 结 论

1) 影响该钒钛铁精矿品质的化学成分主要为

TiO₂、SiO₂、Al₂O₃ 和 MgO,矿样主要脉石矿物为绿泥石、蛇纹石、镁铝尖晶石及钙长石,粗粒级脉石多与钛磁铁矿连生,细粒级脉石少且以单体为主。(下转第 84 页)

4 结 论

1) 通过沉降试验和浮选评价试验,筛选出絮凝剂 AX868 作为该选铅尾矿的絮凝剂,可显著提升矿浆沉降速率、降低溢流水浊度,对浮选指标影响较小。

2) 在 AX868 用量 20 g/t 情况下,矿浆的沉降效果可满足现场 36 m 浓密机的选型要求,该用量条件下所得溢流水回用于铅锌硫浮选系统,所得浮选指标与使用清水时指标相当。

参考文献:

- [1] 张去非. 絮凝剂的种类及其在尾矿沉降中的应用[J]. 金属矿山, 2008(6):69-72.
[2] 董艳红,陈代雄,周玉才,等. 复合絮凝剂在氧化铜矿选矿废水回

(上接第 76 页)

是具有回收价值的主要元素,有害元素 Fe、P 含量较高,对提高锰精矿产品质量有较大影响。原矿-0.019 mm 粒级含量超过了 50%,有效回收该粒级锰矿物是分选的关键。

2) SLon-500 立环脉动高梯度磁选机半工业试验结果表明,采用“一粗一扫、扫选精矿一次精选”的磁选流程,可以获得 TMn 品位 16.77%、回收率 87.61% 的综合锰精矿。高梯度磁选具有成本低、无污染等优势,是有效利用该锰矿石的适宜方法。

参考文献:

- [1] 王 彦,李艳军. 某菱锰矿石工艺矿物学研究[J]. 金属矿山, 2019(2):188-191.

(上接第 79 页)

2) 采用脱磁-预先筛分分级-粗粒级再磨-磁选-细粒级磁选的分磨分选工艺,可使精矿 TFe 品位提高 3.19 个百分点、 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ 含量降低 3.91 个百分点。

3) 钛铁矿(客晶)及镁铝尖晶石(客晶)以格片状、细脉状、条带状、网格状及针状镶嵌于钛磁铁矿基底,形成钛磁铁矿特有结构,造成了矿样中 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 难以深度脱除。

参考文献:

- [1] 黑色金属矿产资源强国战略研究专题组. 黑色金属矿产资源强国战略研究[M]. 北京:科学出版社, 2019.
[2] 《现代铁矿石选矿》编委会. 现代铁矿石选矿(上册)[M]. 北京:中国科学技术大学出版社, 2009.
[3] 陈福林,杨晓军,杨道广,等. 甘肃某低品位钒钛磁铁矿工艺矿物学研究[J]. 矿产综合利用, 2020(6):64-68.

用中的应用[J]. 矿产综合利用, 2017(1):85-88.

- [3] 韩 瑞,吕宪俊,李 琳,等. 非离子絮凝剂对微细粒尾矿絮凝沉降的影响[J]. 中国矿业, 2016,25(5):97-101.
[4] 李巧双,程国柱,周明华,等. 某铜铁矿尾矿絮凝剂沉降试验研究及应用[J]. 铜业工程, 2022(2):39-41.
[5] 孙 浩,李茂林,崔 瑞,等. 无机-有机复合絮凝剂对某铅锌尾矿沉降效果的影响[J]. 矿冶工程, 2021,41(5):41-44.
[6] 党建东,陈 刚,阚忠辉,等. 沙溪铜矿全尾砂沉降性能及絮凝剂选型试验研究[J]. 中国矿业, 2021,30(S2):271-275.
[7] 陈建平,白 杨,张铁英,等. 加絮凝剂循环水对选矿指标影响试验研究[J]. 硅酸盐通报, 2014,33(4):806-810.
[8] 梁 效,王勇海,吴天骄,等. 无机和有机絮凝剂复配对铁尾矿沉降特性研究[J]. 金属矿山, 2020(11):129-133.

引用本文: 缪亚兵,薛 珂,赵文坡,等. 某铅锌矿选铅尾矿絮凝沉降及溢流水回用于浮选评价试验研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(5):80-84.

- [2] 杨永斌,吕 鹏,李 骞,等. 某高铁菱锰矿选矿试验研究[J]. 矿冶工程, 2017,37(2):68-70.
[3] 罗 娜,张国范,冯其明,等. 菱锰矿与方解石浮选行为及其机理研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2013(4):41-45.
[4] 杨 创,张 覃,李龙江,等. 贵州某低品位碳酸锰矿选矿提锰研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2020(3):58-66.
[5] 王 杨,伍成波,岳 林,等. 高磷菱锰矿焙烧-氨浸实验研究[J]. 矿冶工程, 2020,40(5):100-103.
[6] 汤振宏,阚绍娟. 广西某高硫低品位碳酸锰矿选矿试验研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2017(5):51-54.
[7] 陈文祥,邓 强,张周位,等. 贵州菱锰矿高梯度磁选过程中矿物结构及其磁性变化[J]. 矿冶工程, 2018,38(4):57-60.

引用本文: 谢美芳,熊 涛,黄会春,等. 云南盈江某低品位菱锰矿选矿工艺研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(5):74-76.

- [4] 陈福林,杨晓军,蔡先炎,等. 攀西地区白马辉长岩型超低品位钒钛磁铁矿选矿试验研究[J]. 矿产综合利用, 2020(6):26-30.
[5] 朱骏士. 钒钛磁铁矿选矿及综合利用[J]. 金属矿山, 2000(1):1-11.
[6] 陈 超,张裕书,张少祥,等. 攀枝花铁精矿特性及提铁降杂试验研究[J]. 矿产综合利用, 2018(3):57-60.
[7] 周 政,赵华伦,李兵荣,等. 红格某钒钛磁铁矿选矿试验研究[J]. 矿产综合利用, 2018(1):32-35.
[8] 杜鹤桂. 高炉冶炼钒钛磁铁矿原理[M]. 北京:科学出版社, 1996.
[9] 马家源,孙希文,盛世雄. 钒钛磁铁矿高炉冶炼的强化[J]. 钢铁钒钛, 2000,35(1):1-12.
[10] 吕亚男. 钒钛磁铁矿固态还原剂高效利用研究[D]. 长沙:中南大学, 2009.

引用本文: 陈福林,文永才,王志杰,等. 攀西某钒钛铁精矿提质技术研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(5):77-79.