

红格钒铁精矿提质降杂新技术研究

池冬瑞^{1,2}, 顾畔³, 严伟平², 郭万中¹, 班小淇¹, 徐东¹

(1. 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819; 2. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041; 3. 辽宁省国家新型原材料基地建设工程中心, 辽宁 沈阳 110032)

摘要: 红格南矿区钒钛磁铁矿多为橄辉岩型矿石, 其矿物组成种类繁多, 矿物嵌布特征和结构构造较为复杂, 其钒铁精矿产品 TFe 品位较低, 仅为 54.08%, TiO₂ 品位为 12.55%, 主要脉石矿物为橄榄石和辉石。故本文针对该钒铁精矿开展了多种设备及工艺的试验研究, 最终采用“细磨-深选”、“细磨-新型复合力场精选机精选”两种工艺方案为钒铁精矿合理的提质降杂工艺。在磨矿细度 -0.038 mm 87.67% 情况下, 细磨-深选工艺可获得钒铁精矿 TFe 品位 56.21%, 回收率 95.68% 的指标; 细磨-新型复合力场精选机精选工艺可获得钒铁精矿品位 56.48%, TFe 回收率 97.33%, TiO₂ 品位 11.88% 的指标。该技术方案对于红格地区钒铁精矿的提质降杂具有十分重要的现实意义。

关键词: 钒铁精矿; 细磨; 新型复合力场精选机; 提质降杂

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.06.016

中图分类号: TD951 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2020) 06-0091-05

红格地区是攀西钒钛磁铁矿储量规模最大的矿区, 拥有我国目前最大的钒钛磁铁矿矿床。红格矿区现已成为我国可供工业开采和冶炼的主要铁矿资源基地^[1-2]。目前攀西红格矿区已进入中深部开采成熟阶段, 在中深部的钒钛资源开发利用过程中, 岩石类型发生了重大变化, 辉长岩、辉石岩的比例逐渐减少, 而转向橄辉岩型矿石为主^[3]。深部橄辉岩型钒钛磁铁矿资源矿物组成种类繁多, 结构构造和矿物嵌布特征更为复杂, 矿石含铁量低, 且有用矿物的嵌布粒度粗细不均。因此, 加强探索新技术工艺, 进一步提高钒铁精矿品位、降低杂质含量, 已成为钒钛资源充分利用的关键所在^[4-6], 从而实现提质增效的目的, 更有利于企业未来可持续发展。

通过大量试验研究, 并参考相关研究成果^[7-9]。采用不同的提质设备、选别工艺(单一提质降杂工艺、联合提质降杂工艺等)以及优化参数试验, 针对红格钒钛磁铁矿选铁中间产品的钒铁精矿, 进行了“细磨-深选”、“细磨-新型复合力场精选机精选”两种工艺方案的提质降杂试验研究。本文重点介绍两种工艺研究的结果, 为同类型钒钛资源的提质降杂提供参考。

1 矿样性质

试验矿样取自红格南矿区钒钛磁铁矿选铁中间产品。矿样中主要有用矿物为钛磁铁矿, 其次是钛铁矿; 主要脉石矿物为橄榄石、辉石。试样的主要化学成分分析结果见表1, 矿物组成见表2, 粒度分析结果见表3, 解离度分析结果见表4。

收稿日期: 2020-08-30

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(51874072 & 51974064); 四川省科技计划资助“微纳米气泡强化微细粒钛铁矿浮选分离的应用基础研究”(2019YJ0268)

作者简介: 池冬瑞(1995-), 男, 硕士研究生, 主要从事矿物加工科研工作。

通讯作者: 严伟平(1984-), 男, 工程师, 主要从事有色金属及稀有、稀贵金属的选矿研究工作。yanweiping_imumr@163.com

表 1 试样主要化学成分 / %
Table1 Main chemical composition of samples

TFe	FeO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅	Mn	Cr	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	S
54.08	28.73	45.33	12.55	0.54	0.23	0.91	3.46	2.02	0.76	4.03	0.012	0.056	0.13

由表 1 可知，混合矿选铁的钒铁精矿 TFe 品位 54.08%，TiO₂ 12.55%，V₂O₅ 0.54%，SiO₂ 3.46%，Al₂O₃ 2.02%，MgO 4.03%，S 0.13%。

表 2 试样矿物组成 / %
Table 2 Mineral composition of samples

钛磁铁矿	钛铁矿	硫化物	橄榄石	辉石	斜长石、角闪石、黑云母、磷灰石等
86.40	3.71	0.12	5.84	3.20	0.73

表 3 试样粒度组成分析
Table3 Size composition analysis of samples

粒级 /mm	+0.075	-0.075+0.038	-0.038+0.025	-0.025+0.019	-0.019
产率 /%	16.46	27.48	30.28	8.23	17.55

表 4 试样主要矿物解离度
Table 4 Dissolution of main minerals of the samples

矿物	磁铁矿	钛铁矿	硫化物	脉石矿物
解离度 /%	91.30	24.70	/	68.60

由表 2、表 3 分析结果可见，试样在 -0.038 mm 56.06%，该且试样中钛磁铁矿含量 86.40%，粒状钛铁矿 3.71%，硫化物（主要是磁黄铁矿）含量 0.12%，其他脉石矿物橄榄石 5.84%，辉石 3.20%。从表 4 解离度分析结果可见产品中磁铁矿解离度为 91.30%，解离较好，其余未解离的部分主要呈现包裹体、固溶体（格子状、乳滴状、叶片状等）以及微量贫连生体形式存在，尤其是钛铁矿对磁铁矿的品位影响最大；脉石矿物辉石和橄榄石，整体解离度为 68.60%，互相之间镶嵌。

2 钒铁精矿提质降杂工艺

2.1 细磨 - 深选工艺试验

2.1.1 细磨 - 深选条件试验

试样中磁铁矿整体解离较好，主要脉石矿物辉石和橄榄石的整体解离度为 68.60%，大部分呈微细粒单体形式存在，其余部分多呈包裹体形式

和磁铁矿和钛铁矿连生。对原料进一步细磨可不同程度的提高其 TFe 品位，一方面有利于有用矿物及脉石矿物的单体解离度，另一方面可借助磨矿过程减轻原料的磁团聚现象，达到提质降杂的目的。试样经脱磁后，在磁场强度为 71.64 kA/m 条件下，进行湿式磁选磨矿细度试验，试验流程见图 1，结果见图 2。

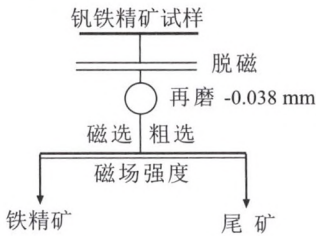


图 1 试样再磨 - 磁选流程

Fig .1 Process of regrinding-magnetic separation

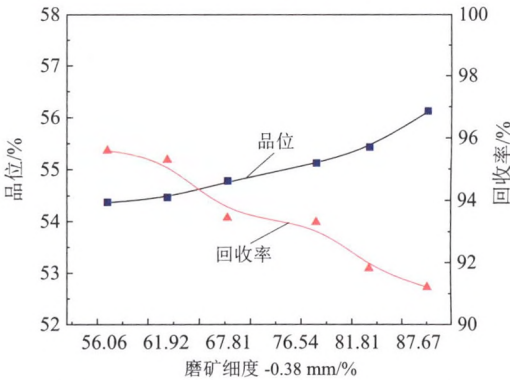


图 2 试样再磨 - 磁选磨矿细度试验结果

Fig .2 Test results of fineness of regrinding-magnetic separation

由图 2 可知，随着磨矿细度越细，磁选获得的铁精矿产率越来越低，含 TFe 品位越来越高，TFe 回收率也呈下降趋势。当磨矿细度达到 -0.038 mm 87.67% 时，原料通过再磨再磁选后铁精矿产品 TFe 品位达到 56.11%，回收率 91.14%。故在 -0.038 mm 87.67% 的条件下，对试样进行弱磁选磁场强度条件试验，试验结果见图 3。

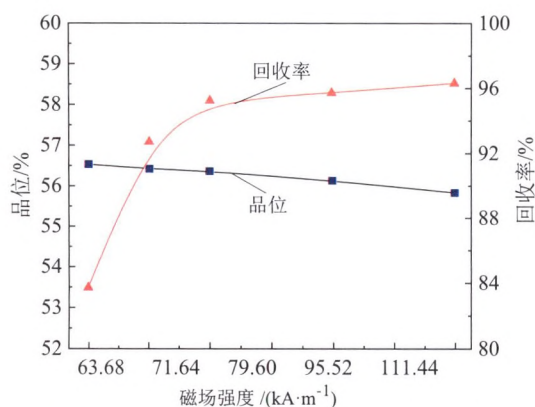


图3 再磨-磁选磁场强度条件试验结果

Fig. 3 Condition test results of regrinding-magnetic intensity separation

由图3可知,随着磁选场强的变化,获得的铁精矿产品 TFe 品位变化并不大;当磨矿细度为 -0.038 mm 87.67%,磁选场强大小在 95.52 kA/m 时,铁精矿产品 TFe 品位可达到 56%。综合考虑品位及回收率指标,确定弱磁选场强大小为 95.52 kA/m。

2.1.2 细磨-深选综合试验

在磨矿细度及磁场强度条件试验的基础上,选定较佳磨矿细度 -0.038 mm 87.67%,磁选场强为 95.52 kA/m,对试样进行细磨-深选综合试验。试验结果见表5。

表5 试样再磨-深选试验结果

Table 5 Test results for regrinding and deep separation of specimens

产品名称	产率 / %	TFe 品位 / %	TFe 回收率 / %
铁精矿	92.39	56.21	95.68
尾矿	7.61	30.81	4.32
给矿	100.00	54.27	100.00

再磨细度是决定铁精矿品质的关键因素,磁选的场强大小是决定磁选回收率的主要因素。试验最终确定:混合样铁精矿原料在磨矿细度 -0.038 mm 87.67%的情况下;通过一次弱磁选(场强 95.52 kA/m),可以获得铁精矿 TFe 品位 56.21%,回收率 95.68%的良好指标。

2.2 细磨-新型复合力场精选机工艺

2.2.1 新型复合力场精选机探索试验

浮电磁精选机是中国地质科学院矿产综合利用研究所自主研发的一款提高铁精矿产品质量的

设备。该设备主要适用于磁性铁精矿的提质降杂的高效分离设备。本次试验主要考察浮电磁精选机对铁精矿原料提质降杂的效果。对试样脱磁后再磨,在不同磨矿细度及药剂条件下,进行新型复合力场精选机精选试验,试验条件及流程见图4,试验结果见图5。

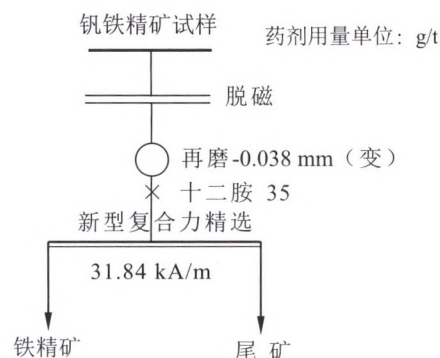


图4 再磨-新型复合力场精选机试验流程

Fig. 4 Test flow of regrinding-new compound force field concentrator

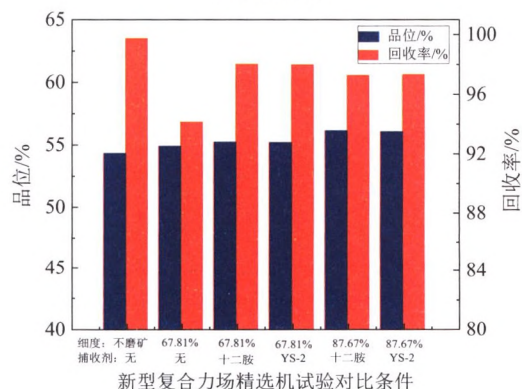


图5 新型复合力场精选机条件对比试验结果

Fig. 5 Comparison of conditions of selection machine in new compound force field

由图5可知,当磨矿细度为 -0.038 mm 87.67%时,加少量十二胺捕收剂经新型复合力场精选机精选后效果会更好,可获得 TFe 品位 56.13%, TFe 回收率 97.29% 的铁精矿。新型复合力场精选机指标优于单一磁选精选指标。

2.2.2 新型复合力场精选机磁场强度条件试验

在原料再磨细度 -0.038 mm 87.67%,捕收剂十二胺用量 35 g/t 的条件下进行精选机弱磁选磁场强度条件试验,结果见图6。

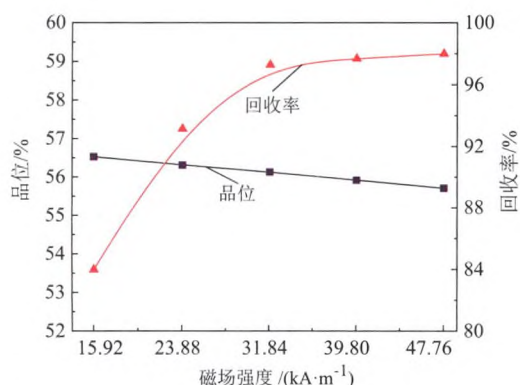


图 6 新型复合力场精选机磁场强度条件试验结果

Fig. 6 Test results of magnetic field strength conditions of a new type of composite force field concentrator

由图 6 试验结果可知,随着磁场强度的加大,利用新型复合力场精选机获得的铁精矿产品产率越来越大,品位小幅度降低,综合各项指标情况考虑,最终确定新型复合力场精选机的磁场强度大小为 31.84 kA/m。

2.2.3 新型复合力场精选机上升水流量条件试验

试在原料再磨细度 -0.038 mm 87.67%, 磁场强度大小为 31.84 kA/m 的条件下进行升水流量试验,试验结果见图 7。

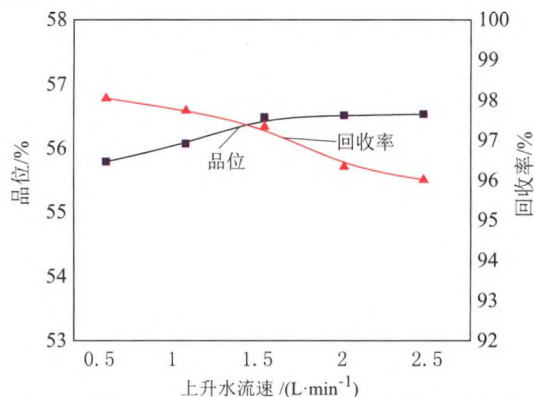


图 7 新型复合力场精选机上升水流速试验结果

Fig. 7 Test results of rising water velocity on a new composite force field concentrator

由图 7 试验结果可知,上升水流量越大,铁精矿产品产率越来越低,品位越来越高,回收率逐渐下降。综合各项指标情况考虑,最终确定新型复合力场精选机的上升水大小为 1.5 L/min。

2.2.3 细磨 - 新型复合力场精选机综合条件试验

在前期条件试验的基础上,选取磨矿细度 -0.038 mm 87.67% 的条件下,捕收剂十二胺用量 35 g/t,

新型复合力场精选机场强 31.84 kA/m, 上升水流量大小为 1.5 L/min, 进行综合条件试验。再磨 - 新型复合力场精选机试验流程见图 4, 试验结果见表 6。

表 6 再磨 - 新型复合力场精选机试验结果

Table 6 Test results of regrinding-new compound force field selector

产品名称	产率 /%	TFe 品位 /%	TFe 回收率 /%
铁精矿	93.51	56.48	97.33
尾矿	6.49	22.32	2.67
原料	100.00	54.26	100.00

从表 6 结果得出,再磨 - 新型复合力场精选机精选可获得 TFe 品位 56.48% 的铁精矿产品,且指标优于细磨 - 一次弱磁磁选流程的指标,再 TFe 品位相当的情况下, TFe 回收率高 1.65 个百分点。

3 结 论

(1) 红格钒铁精矿产品中磁铁矿整体解离情况较好,主要脉石矿物橄榄石和辉石大部分呈微细粒单体形式存在,其余解离的部分主要呈现包裹体、固溶体形式与磁铁矿和钛铁矿连生。脉石矿物与微细粒磁铁矿等互相团聚或吸附在粗粒的铁矿物表面是影响铁矿物回收的主要原因。因此,对原料采取进一步细磨工艺可不同程度的提高其 TFe 品位。

(2) 针对红格地区 TFe 品位 54.08%、TiO₂ 品位 12.55% 的钒铁精矿原料,开展了多种设备及工艺的试验研究,最终采用“细磨 - 深选”、“细磨 - 新型复合力场精选机精选”两种工艺方案为钒铁精矿合理的提质降杂流程。在磨矿细度 -0.038 mm 87.67% 情况下,细磨 - 深选工艺可获得钒铁精矿 TFe 品位 56.21%, 回收率 95.68%, TiO₂ 品位 11.84% 的指标;细磨 - 新型复合力场精选机精选工艺可获得钒铁精矿品位 56.48%, TFe 回收率 97.33%, TiO₂ 品位 11.88% 的指标。

(3) 相比较而言,细磨 - 新型复合力场精选新技术工艺,进一步提高钒铁精矿品位、降低杂质含量,实现了提质增效的目的,更有利于企业未来可持续发展。为该地区钒铁精矿提质降杂提供参考依据。

参考文献:

[1] 赵国君, 申文金, 赵祺彬, 等. 攀西红格矿区钒钛磁铁矿

- 开发利用探讨[J].中国国土资源经济,2018,31(10):38-40+75.
- Zhao G J, Shen W J, Zhao Q B, et al. Exploration on the development and Utilization of Vanadium-titanium magnetite in Hongge mining area of Panxi [J]. China Land and Resources Economy, 2018, 31(10):38-40+75.
- [2] 傅文章.攀西钒钛磁铁矿资源特征及综合利用问题的基本分析[J].矿产综合利用,1996(1):27-34.
- Fu W Zh. Basic analysis on the resource characteristics and comprehensive utilization of Panxi vanadium-titanium magnetite [J]. Comprehensive Utilization of Mineral Resources, 1996(1):27-34.
- [3] 杨耀辉,惠博,廖祥文,等.红格低品位难选微辉岩型钒钛磁铁矿石选矿试验[J].金属矿山,2016, V45(10):77-82.
- Yang Y H, Hui B, L X W, et al. Ore dressing test of Red lattice low-grade refractory tropicite type vanadium titanium magnetite [J]. Metal Mines, 2016, V45(10):77-82.
- [4] 张祖刚.梅山铁矿弱磁精矿工艺矿物学研究与提质降杂试验[J].宝钢技术,2018,202(6):49-54.
- Zhang Z G. Study on the process mineralogy of weakly magnetic concentrate in Meishan Iron Mine and the Test of lifting quality and reducing impurities [J]. Baosteel Technology, 2018, 202(6):49-54.
- [5] 樊绍良,段其福.铁精矿提质降杂技术研究[J].金属矿山,2002(4):38-41.
- Fan Sh L, Duan Q F. Study on quality Lifting and Miscellaneous reduction technology of iron concentrate [J]. Metal Mines, 2002(4):38-41.
- [6] 赵志强,戴惠新.铁精矿提质降杂现状及工艺探讨[J].云南冶金,2007(1):25-28.
- Zhao Zh Q, Dai H X. Discussion on current situation and technology of Iron concentrate quality improvement and Miscellaneous Reduction [J]. Yunnan Metallurgy, 2007(1):25-28.
- [7] 杨光.用分散剂 NM-1 优化东鞍山磁选粗精矿提质降杂工艺[J].金属矿山,2013,42(9):60-63.
- Yang G. Optimization of quality extraction and impurity reduction process of Donganshan Magnetic Separation Coarse concentrate by using dispersant NM-1 [J]. Metal Mines, 2013, 42(9):60-63.
- [8] 刘全轩,孙兴华.脱磁——铁精矿提质降杂中不可缺少的环节[C]//2005年全国选矿高效节能技术及设备学术研讨与成果推广交流会,2005.
- Liu Q X, Sun X H. Demagnetization -- an indispensable link in improving quality and reducing miscellaneous of iron concentrate [C]//2005 National Academic Seminar on high-efficiency and energy-saving Technology and Equipment of mineral processing and Exchange of Achievements Promotion. 2005.
- [9] 孙仲元,中南大学.高效磁选设备在铁精矿提质降杂中的应用[C].2002年全国铁精矿提质降杂学术研讨暨技术交流会,2007.
- Sun Zh Y, Central South University. Application of efficient magnetic separation equipment in iron concentrate quality and Miscellaneous Reduction [J]. 2002 National Iron Concentrate Quality and Miscellaneous Reduction Academic Seminar and Technical Exchange Conference, 2007.

Study on Quality Improvement and Impurities Reduction New Technology of Vanadium-iron Concentrate in Hongge

Chi Dongrui^{1,2}, Gu Pan³, Yan Weiping², Guo Wanzhong¹, Ban Xiaoqi¹, Xu Dong¹

(1.School of Resources and Civil Engineering, Northeast University, Shenyang, Liaoning, China; 2. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chengdu, Sichuan, China; The construction Engineering Center of National New Raw Material Base of Liaoning Province, Shenyang, Liaoning, China)

Abstract: The vanadium-titanium magnetite in Honggenan mining area mostly belongs to the olivine-type with a wide variety of mineral composition, and complex mineral intercalation characteristics and structure. The grade of its vanadium-iron concentrate product TFe is relatively low, only 54.08%, and that of TiO₂ is 12.55%. The main gangue minerals are olivine and pyroxene. Therefore, in this paper, a variety of equipments and technology tests were carried out for the vanadium and iron concentrate, and the two technology schemes of "fine grinding - deep separation" and "fine grinding - new compound field concentrator separation" were finally adopted to be the reasonable quality improving and impurity reducing technology for the vanadium and iron concentrate. When the grinding fineness is -0.038 mm accounting for 87.67%, the TFe grade and recovery rate of vanadium iron concentrate were 56.21% and 95.68% respectively by the fine grinding-deep beneficiation process c. The indexes of vanadium iron concentrate grade 56.48%, TFe recovery 97.33% and TiO₂ grade 11.88% can be obtained by fine grinding - new compound field concentrator. This technical solution has very important practical significance for the quality improvement and impurity reduction of ferro-vanadium concentrate in Hongge area.

Keywords: Vanadium-iron concentrate; Fine grinding; New compound force field concentrator; Quality improvement and Impurities reduction