

攀西某低品位钒钛磁铁矿选铁工艺研究

曹玉川

(长沙矿冶研究院有限责任公司, 湖南长沙 410012)

摘要: 为了降低磨矿成本, 提高铁精矿品位, 更好地回收攀西某钒钛磁铁矿中的钛磁铁矿, 对 TFe 品位 23.15% 的原矿, 利用化学多元素分析、光学显微镜、矿物自动分析仪 (MLA) 等手段, 分析了矿石的矿物组成、主要元素赋存状态、主要矿物的产出形式等, 并进行了选铁试验。结果表明: ① 钛磁铁矿内部普遍含有由固溶体分离作用形成的钛铁矿片晶或尖晶石微粒, 包含物粒度通常在 0.02 mm 以下, 难以解离, 对铁精矿品位影响较大。② 采用磨矿-弱磁-再磨-弱磁-淘洗工艺, 可获得铁精矿 TFe 品位 54.64%, 铁回收率 68.87% 的指标。

关键词: 钒钛磁铁矿; 选铁; 弱磁选; 淘洗; 回收率

中图分类号: TD92

文献标志码: A

文章编号: 1004-7638(2023)03-0114-04

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2023.03.017

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



听语音
与作者互动
聊科研

Experimental study on iron concentrate separation from a low-grade vanadium-titanium magnetite in Panxi area

Cao Yuchuan

(Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co., Ltd., Changsha 410012, Hunan, China)

Abstract: In order to reduce the grinding cost and improve the grade of iron concentrate, the mineral composition, occurrence state of main elements and distribution characteristics of main minerals of the ore were studied by means of chemical analysis, optical microscopy, automatic mineral analyzer (MLA) combined with chemical analysis and chemical multielement analysis. The results show that: ① Part of ilmenite and spinel crystals which were wrapped in titanium magnetite were fine in size (< 0.02 mm) and difficult to be dissociated; ② the iron concentrate with iron grade of 54.64%, iron recovery of 68.87% was obtained by adopting the process of ore grinding, low intensity magnetic separation, regrinding, low intensity magnetic separation, elutriation.

Key words: vanadium-titanium magnetite, iron concentrate separation, low-intensity magnetic separation, elutriation, recovery rate

0 引言

钒钛磁铁矿是一种复合型矿产资源, 该类型矿石主要生成于基性、超基性侵入矿床, 主要含铁、钛和钒, 其次还含有钴、铬、镍、镓和铈等多种有价金属元素, 是一种极其重要的战略矿产资源。钒钛磁

铁矿在全球储量较大, 但是大部分集中于三个国家, 分别是俄罗斯、南非和中国。四川攀西地区是我国钒钛磁铁矿储量最大的地方, 钒钛磁铁矿主要在四大矿区分布 (攀枝花、红格、白马、太和), 其次是河北承德, 少部分分布在辽宁朝阳、山西代县和陕西汉中等地区。攀西地区是我国特有的钒钛资源富集

收稿日期: 2023-02-10

作者简介: 曹玉川, 1987 年出生, 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事微细粒矿物选矿工艺研究, E-mail: caoyuchuan@126.com。

地区,据调查,我国83%的钒钛磁铁矿资源分布于攀西地区,累计探明资源储量达100亿t,攀西也是我国钒钛磁铁矿开发基地。钒钛磁铁矿不仅是钒钛等资源的重要来源,也是铁资源的重要保障,铁资源储量约81亿t,约占我国铁资源储量的20%,世界铁资源储量的5%。由于攀西钒钛磁铁矿自身赋存因素影响,其铁精矿TFe品位一般在54%~56%,与普通磁铁矿相比存在较大差距^[1-5]。

钒钛磁铁矿在我国矿产资源开发利用及国民经济发展战略中具有极大的意义,属关系国计民生发展的重大战略资源^[4],目前,随着我国钒钛磁铁矿资源的持续开发利用,高品位矿石消耗殆尽,低品位资源的利用提上日程,该部分资源的低成本开发迫在眉睫。笔者对攀西某低品位钒钛磁铁矿进行了较粗磨矿细度下提升铁品位的探索,为该类型矿石的开发提供了技术参考。

1 原矿性质

1.1 矿石化学成分

对原矿进行了多元素化学成分分析,结果见表1,同时进行了铁的化学物相分析,结果见表2。

表1 矿石化学多元素分析结果

TFe	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
23.15	7.36	29.10	4.66	8.66	14.02
Na ₂ O	K ₂ O	P	As	S	烧失
0.24	0.21	0.02	0.008 9	0.19	4.56

表2 铁的化学物相分析结果

含铁物相	铁含量	分布率
钛磁铁矿	15.53	67.08
赤(褐)铁矿	1.14	4.92
钛铁矿	2.01	8.68
硫化物	0.15	0.65
硅酸盐	4.32	18.67
合计	23.15	100.00

1.2 矿物组成

原矿中铁矿物有钛磁铁矿、磁铁矿、褐铁矿和赤铁矿,主要是钛磁铁矿,其它铁矿物含量较少,钛铁矿为主要钛矿物,偶见极少量的钙钛矿分布;金属

硫化物主要是黄铁矿、镍黄铁矿和磁黄铁矿,含量较低;脉石矿物主要有辉石、闪石、绿泥石和蛇纹石;其他微量矿物尚见方解石、石英、长石、橄榄石、石榴石、白云石、云母、黝帘石、绿帘石、滑石、尖晶石、磷灰石、蒙脱石等。

1.3 钛磁铁矿的产出形式

钛磁铁矿大部分为自形、半自形粒状,少部分为不规则状,钛磁铁矿内部常含有尖晶石微粒和钛铁矿片晶,这些杂质部分小于0.002 mm,大部分在0.02 mm以下,其由固熔体分离作用形成,构成以钛磁铁矿为主体的复合矿物相。

矿石中钛磁铁矿常呈浸染状充填于脉石粒间而构成海绵陨铁结构,少数沿边缘或粒间可见粒状钛铁矿及少量的金属硫化物或褐铁矿分布。根据浸染的密集程度还可将矿石中钛磁铁矿进一步分为两种类型:①呈致密团块状产出,局部因粒间充填脉石而过渡为稠密浸染状,粒度个别粗者可达4.0 mm以上;②呈结状集合体或不规则状沿脉石边缘充填而以中等稠密~稀疏浸染状的形式产出,粒度中等,一般0.1~2.0 mm。

2 选矿试验

钒钛磁铁矿通常主要回收矿物为钛磁铁矿和钛铁矿,因钛磁铁矿具有强磁性,通常采用弱磁选回收,但难点在于回收钛磁铁矿的同时需充分考虑钛铁矿的过磨问题,为避免钛铁矿的过磨,笔者采用阶梯选弱磁流程进行铁的回收,再采用淘洗进一步提高铁精矿品位。

2.1 一段磨矿细度试验

磨矿细度指矿石中-0.074 mm部分占比。首先对原矿进行了一段不同磨矿细度弱磁试验,试验设备采用实验室鼓形弱磁选机,磁场强度为0.15 T,试验结果见表3。由表3可知,随着磨矿细度的提高,粗精矿TFe品位随之升高。当磨矿细度从55%提高到65%,铁精矿品位提升幅度较小,因此一段磨矿细度选择-0.074 mm占55%。

2.2 一段弱磁磁场强度试验

在磨矿细度-0.074 mm占55%条件下,对原矿进行了不同磁场强度的对比试验,试验结果见表4。由表4可知,随着磁场强度的升高,粗精矿TFe品位慢慢降低,回收率逐渐升高。为保证铁矿物的回收,磁场强度选择0.20 T。

表3 一段磨矿细度试验结果

Table 3 Results of tests of different grinding fineness

磨矿细度/%	产品名称	产率/%	TFe品位/%	TFe回收率/%
35	粗精矿	44.86	42.11	81.51
	尾矿	55.14	7.77	18.49
	给矿	100.00	23.17	100.00
45	粗精矿	41.36	44.35	79.27
	尾矿	58.64	8.18	20.73
	给矿	100.00	23.14	100.00
55	粗精矿	39.19	46.29	78.36
	尾矿	60.81	8.24	21.64
	给矿	100.00	23.15	100.00
65	粗精矿	38.88	46.47	78.06
	尾矿	61.12	8.31	21.94
	给矿	100.00	23.15	100.00

表4 一段弱磁磁场强度试验结果

Table 4 Results of tests of different magnetic field intensity

磁场强度/T	产品名称	产率/%	TFe品位/%	TFe回收率/%
0.15	粗精矿	39.19	46.29	78.36
	尾矿	60.81	8.24	21.64
	给矿	100.00	23.15	100.00
0.18	粗精矿	39.75	45.87	78.70
	尾矿	60.25	8.19	21.30
	给矿	100.00	23.17	100.00
0.20	粗精矿	40.54	45.21	79.17
	尾矿	59.46	8.11	20.83
	给矿	100.00	23.15	100.00
0.30	粗精矿	40.61	45.13	79.23
	尾矿	59.39	8.09	20.77
	给矿	100.00	23.13	100.00

2.3 二段磨矿细度试验

对一段弱磁精矿进行了不同再磨细度试验,二段弱磁选磁场强度为0.12 T。

由表5可知,磨矿细度为-0.074 mm占70%时,铁精矿 TFe 品位为 51.67%,当磨矿细度为-0.074 mm占80%时,铁精矿 TFe 品位提升了1.75个百分点,当磨矿细度为-0.074 mm占95%时,铁精矿 TFe 品位提升幅度较小,继续增加至-0.045 mm占95%时,铁精矿 TFe 品位为 54.67%,仅提升了0.84个百分点,回收率却下降。增加磨矿细度铁精矿品位提升有限,为降低磨矿成本,选择磨矿细度为-0.074 mm占90%。

表5 二段弱磁磨矿细度试验结果

Table 5 Results of tests of different regrinding fineness

-0.074 mm占比/%	产品名称	产率/%	TFe品位/%	TFe回收率/%
70	精矿	81.03	51.67	92.59
	尾矿	18.97	17.66	7.41
	给矿	100.00	45.22	100.00
80	精矿	77.11	53.42	91.11
	尾矿	22.89	17.57	8.89
	给矿	100.00	45.21	100.00
90	精矿	76.59	53.64	90.88
	尾矿	23.41	17.61	9.12
	给矿	100.00	45.21	100.00
95	精矿	75.94	53.83	90.41
	尾矿	24.06	18.02	9.59
	给矿	100.00	45.21	100.00
95*	精矿	73.65	54.67	89.07
	尾矿	26.35	18.76	10.93
	给矿	100.00	45.21	100.00

注:*指-0.045 mm占95%。

2.4 二段磁场强度试验

为确定适宜的磁场强度,对一段弱磁精矿进行了磁选试验,再磨细度为-0.074 mm占90%,试验结果见表6。

表6 二段弱磁选磁场强度试验结果

Table 6 Results of tests of different magnetic field intensity of two-stage low-intensity magnetic separation

磁场强度/T	产品名称	产率/%	TFe品位/%	TFe回收率/%
0.06	精矿	75.11	53.92	89.57
	尾矿	24.89	18.94	10.43
	给矿	100.00	45.21	100.00
0.08	精矿	75.87	53.80	90.28
	尾矿	24.13	18.21	9.72
	给矿	100.00	45.21	100.00
0.10	精矿	76.26	53.72	90.62
	尾矿	23.74	17.86	9.38
	给矿	100.00	45.21	100.00
0.12	精矿	76.59	53.64	90.88
	尾矿	23.41	17.61	9.12
	给矿	100.00	45.21	100.00

由表6可知,磁场强度由0.06 T增加至0.12 T,精矿 TFe 品位由 53.92% 下降至 53.64%,铁回收率由 89.57% 升高至 90.88%,综合考虑,二段弱磁选磁

场强度选择 0.10 T, 铁精矿 TFe 品位为 53.72%, 铁作业回收率 90.62%, 对原矿回收率为 71.01%。

2.5 淘洗试验

从上述的试验结果可以看出, 如果要提高最终铁精矿的 TFe 品位, 需要磨细至-0.045 mm 占 95%, 此时获得的铁精矿 TFe 品位为 54.67%, 如果继续提高磨矿细度以提高铁精矿品位, 磨矿成本较高。为了探寻更粗的磨矿细度条件下获得提高精矿 TFe 品位的可行性, 对二段弱磁精矿进行淘洗试验。

淘洗磁选工作原理是循环水由底部切向给入淘洗磁选设备, 给矿由顶部给料斗进入桶体中部, 入料分散后进入选别区, 在磁场力、重力及上升水冲力相互作用下, 非磁性物质、脉石和贫连生体等由溢流槽经溢流管排出形成尾矿, 磁性物则通过下部的精矿管排出。

淘洗磁选有助于提高铁精矿品质, 降低其中的脉石夹杂, 但是淘洗作业耗水量大, 淘洗尾矿需经浓缩返回流程, 一定程度上增加了生产成本。

本次淘洗试验采用实验室 CH 型淘洗机, 试验结果见表 7。由表 7 可知, 在二段磨矿细度为-0.074 mm 占 90% 条件下, 经淘洗作业, 可获得铁精矿 TFe 品位 54.81%, 铁回收率 63.80%; 将二段磨矿细度增加至-0.045 mm 占 95%, 经淘洗作业, 铁精矿 TFe 品位达到了 55.51%, 铁回收率为 62.09%。

综合考虑, 选择二段磨矿细度为-0.074 mm 占 90% 进行淘洗作业, 淘洗尾矿返回二段磨矿, 经闭

路试验, 铁精矿 TFe 品位达到了 54.64%, 其中铁回收率为 68.87%。

表 7 二段弱磁精矿淘洗试验结果
Table 7 Results of tests of washing magnetic separator

二段磨矿细度	产品	产率	TFe品位/%	TFe回收率/%	
				作业	对原矿
工艺 I	铁精矿	87.15	54.81	88.93	63.80
	淘洗尾矿	12.85	46.29	11.07	7.94
	给矿	100.00	53.72	100.00	71.74
工艺 II	铁精矿	86.70	55.51	88.04	62.09
	淘洗尾矿	13.30	49.16	11.96	8.43
	给矿	100.00	54.67	100.00	70.52

注: 工艺 I -0.074 mm 占 90%; 工艺 II -0.045 mm 占 95%。

3 结论

1) 原矿中 TFe 品位为 23.15%, 其中 67.08% 的铁赋存于钛磁铁矿中, 钛磁铁矿内部常含有尖晶石微粒和钛铁矿片晶, 这些杂质部分小于 0.002 mm, 大部分在 0.02 mm 以下, 其由固熔体分离作用形成, 构成以钛磁铁矿为主体的复合矿物相, 难以解离, 对铁精矿品位影响较大。

2) 对原矿采用磨矿-弱磁-再磨-弱磁-淘洗-淘洗尾矿返回再磨工艺流程, 获得了铁回收率 68.87% 的指标, 铁精矿 TFe 品位达到 54.64%。

3) 淘洗磁选有助于提高铁精矿品质, 降低其中的脉石夹杂, 但是淘洗作业耗水量大, 淘洗尾矿需经浓缩返回流程, 一定程度上增加了生产成本。

参考文献

- [1] Liu Zhixiong. Research and industrial practice on improving quality and reducing impurities of Baima vanadium-titanium magnetite[J]. Iron Steel Vanadium Titanium, 2022, 43(3): 104-110.
(刘志雄. 白马钒钛磁铁矿提质降杂研究及工业实践[J]. 钢铁钒钛, 2022, 43(3): 104-110.)
- [2] Ou Yang, Sun Yongsheng, Yu Jianwen, et al. Research status and development prospect of utilization of vanadium-titanium magnetite[J]. Journal of Iron and Steel Research, 2021, 33(4): 267-278.
(欧杨, 孙永升, 余建文, 等. 钒钛磁铁矿加工利用研究现状及发展趋势[J]. 钢铁研究学报, 2021, 33(4): 267-278.)
- [3] Chen Tao, Jian Sheng, Xie Xian, et al. Research progress on comprehensive utilization of vanadium-titanium magnetite tailings[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2021, (2): 174-178.
(陈桃, 简胜, 谢贤, 等. 钒钛磁铁矿尾矿综合利用研究进展[J]. 矿产保护与利用, 2021, (2): 174-178.)
- [4] Chen Fulin, Yang Xiaojun, Cai Xianyan, et al. Experimental study on iron separation of Baima gabbro-type ultra-low-grade vanadium-titanomagnetite in Panxi area[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020, (6): 26-30.
(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铁试验研究[J]. 矿产综合利用, 2020, (6): 26-30.)
- [5] Zhai Yuke, Chang Ziyong, Wang Xiaoli, et al. Discussion on the flotation recovery of sulfur and cobalt before low intensity magnetic separation of vanadium and titanium magnetite ore in Panxi area[J]. Metal Mine, 2022, (11): 107-114.
(翟雨可, 常自勇, 王晓莉, 等. 攀西地区钒钛磁铁矿弱磁选工序前浮选硫钴的探讨[J]. 金属矿山, 2022, (11): 107-114.)