



铁精矿选矿除杂试验研究

杨 卓¹, 冯 博¹, 李文涛², 彭南良², 周玉才², 王明强²

(1. 江西理工大学 资源与环境工程学院, 江西 赣州 341000;

2. 中冶长天国际工程有限责任公司, 湖南 长沙 410205)

摘要: 目前,我国选矿得到的高品位铁精矿中常含有钛等杂质,影响其销售及经济效益。因此,研究铁精矿提品降钛问题,对解决我国铁矿石自给能力具有重大意义。文章以某选厂的钛铁精矿为研究对象,开展了工艺矿物学分析与浮选降钛试验研究,结果表明:对于 TiO_2 质量分数为 4.96%、TFe 品位为 65.75% 的铁精矿,采用一粗两扫两精的闭路浮选工艺及 CT-T09 抑制剂+CT-T06 捕收剂的药剂体系,最终可以获得产率为 72.79%,TFe 品位为 68.98%、回收率为 76.37%, TiO_2 品位为 1.54% 的铁精矿,形成了科学合理的工艺流程和作业参数,可为该类型铁精矿的除杂降钛提供依据。

关键词: 铁精矿; 浮选降钛; CT-T09 抑制剂; CT-T06 捕收剂

中图分类号: TD951

文献标识码: A

文章编号: 1673-8993(2024)12-0016-08

doi: 10.13402/j.gejs.2024.12.155

Experimental study on impurity removal from iron concentrate

YANG Zhuo¹, FENG Bo¹, LI Wentao², PENG Nnaliang², ZHOU Yucan², WANG Mingqiang²

(1. School of Resources and Environment Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, Jiangxi, China; 2. Zhongye Changtian International Engineering Co., Ltd., Changsha 410205, Hunan, China)

Abstract: At present, the high-grade iron concentrate obtained by mineral processing in China often contains impurities such as titanium, which affects its sales and economic benefits. It is of great significance to study the problem of titanium reduction in iron concentrate extraction to solve the self-sufficiency of iron ore in China. In this study, the ilmenite concentrate of a concentrator is taken as the research object, and the process mineralogy analysis and flotation titanium reduction test are carried out. The results showed that for the iron concentrate with TiO_2 content of 4.96% and TFe grade of 65.75%, the iron concentrate with yield of 72.79%, TFe grade of 68.98%, recovery of 76.37% and TiO_2 grade of 1.54% could be obtained by using the closed-circuit flotation process of one roughing, two scavenging and two cleaning and the reagent system of CT-T09 inhibitor + CT-T06 collector. The scientific and reasonable process flow and operation parameters are formed, which provide a basis for the reduction of titanium in this type of iron concentrate.

Key words: iron concentrate; flotation titanium reduction; CT-T09 inhibitor; CT-T06 collector

钢铁工业是我国国民经济的基础性产业,是我国经济发展的“压舱石”和“稳定器”,我国钢铁生产工艺主要以长流程炼钢为主,最主要的原材料便是铁矿石^[1-2]。我国铁矿石资源虽然总量相对丰富,但目前可供开发利用的大部分资源

含铁品位较低、杂质含量高、嵌布粒度细^[3-4]。低品质的铁矿石资源经选矿后得到的高品位铁精矿往往含较多杂质,严重影响了销售及经济效益^[5-6]。铁精矿中的钛过高会影响其还原性、流动性、渗透性等物理化学性能,冶炼时会出现铁

收稿日期: 2024-02-02

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2021YFC2902305)

作者简介: 杨 卓(1994—),男,博士研究生,从事选矿、冶金及固废综合利用方面的研究。

水粘罐、炉缸堆积、渣铁排放困难等问题，影响高炉正常生产，同时还会降低铸铁的质量和加工性能，进而影响烧结矿的品质和钢铁产品的质量^[7,8,12]。对于高端钢材产品，对铁精粉品质要求更高，含钛量的控制更关键^[9]。

围绕如何改善铁精矿性能，降低铁精矿中的钛等质量分数，国内已经开展了一些研究，采取的方法主要有磁选、浮选及其联合工艺^[10-11]。郭文达等^[12]探究了通过提高磨矿细度降低某磁选铁精矿中钛质量分数的可行性，采用搅拌磨细磨(超细磨)－弱磁选工艺将铁精矿中杂质 TiO₂ 质量分数降低 1.04%。李硕等^[13]以电磁湿法鼓式磁选机为选别设备，采用“预先分级－粗粒再磨磁选－细粒直接磁选”工艺，将攀西某钒钛铁精矿的 TFe 提升 3.36%，杂质组分占比累计降低 6.92%，TFe/TiO₂ 提高 3.44%。张云等^[14]针对北方某选厂铁精矿，采用弱磁－反浮选联合流程，先采用弱磁选初步提升铁精矿品质，再对弱磁精矿进行一粗一扫开路反浮选，在最佳条件下得到的最终铁精矿产品 Fe 品位高达 69.57%，回收率达 89.49%，TiO₂ 品位从 4.18% 大幅降低至 1.48%。

在常规选矿工艺的基础上，研究铁精矿提品降钛问题，使其不仅达到技术经济合理的要求，而且能够有效实现资源综合利用的目的，这对解决我国铁矿石自给能力有着重大的意义。本研究以某选厂的钛铁精矿为研究对象，对其提供的样

品开展了工艺矿物学分析与浮选降钛试验研究，通过详细的试验研究与分析，考虑利用磁铁矿和钛铁矿可浮性差异来将铁精矿中的 TiO₂ 质量分数降至 2.0% 以下，并尽可能减少磁铁矿的损失，提高铁精矿品质，最终形成先进、科学的选矿工艺流程和作业参数，为该资源的高效利用以及项目可研与初步设计提供一定的依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 矿石化学成分

通过 XRF 半定量分析测定该矿样的化学组分，结果如表 1 所示。进一步对矿样中的重点元素进行化学滴定分析，结果如表 2 所示。

由表 1 可知，矿样中主要组分 Fe₂O₃ 质量分数为 82.97%，有害组分 TiO₂ 质量分数为 4.81%，其他化学组分主要包括 SiO₂、Al₂O₃、MgO 和 CaO 等，质量分数均不高。由表 2 可知，矿样中 TFe 质量分数为 65.75%，TiO₂ 质量分数较高，为 4.96%。整体分析可知，该矿样为该钛铁精矿，钛是铁精矿中的主要有害杂质元素，可通过选矿方法予以脱除。

1.1.2 粒度组分分析

通过粒度组成分析不同粒级下矿样的 TFe 和 TiO₂ 的质量分数及分布情况，结果如表 3 所示。

由表 3 可知，样品粒度较细，<38 μm 粒级

表 1 矿样 XRF 半定量分析结果 %

Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	V ₂ O ₅	Na ₂ O	SO ₃
82.97	6.51	4.81	1.90	1.43	0.60	0.36	0.35	0.32
Cr ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅	K ₂ O	NiO	ZnO	Cl	CuO	SrO
0.28	0.16	0.13	0.10	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01

表 2 矿样重点元素化学滴定分析结果 %

TFe	TiO ₂
65.75	4.96

表 3 矿样粒度筛分分析结果

粒度/μm	产率/%	TFe 品位/%	TFe 分布率/%	TiO ₂ 品位/%	TiO ₂ 分布率/%
>45	4.90	55.48	4.14	7.33	7.25
[45,38]	9.11	63.50	8.79	7.07	12.98
<38	85.99	66.57	87.07	4.60	79.77
合计	100.00	65.75	100.00	4.96	100.00

质量分数为 85.99%，该粒级 TiO₂ 品位为 4.60%、分布率为 79.77%；> 38 μm 粒级质量分数为 14.01%，该粒级 TiO₂ 品位为 7.16%、分布率为 20.23%。粗粒级中的钛矿物 TiO₂ 品位略高，主要的钛矿物分布在 <38 μm 粒级中。

1.1.3 主要成分统计定量分析

样品中主要成分的统计定量结果如表 4 所示。由表 4 可知，矿样中金属矿物占比约为 98%，其中磁铁矿约为 85%，钛铁矿约为 10%；脉石矿物约为 2%，以透闪石、石英、长石、黑云母相对稍多，少量及微量斜帘石、石榴石、白云母、高岭土等；矿样中钛及含钛的金属矿物有 12.89%，包括钛铁矿、含钛磁铁矿；钛硅酸盐及氧化物（楣石、黑云母、金红石）质量分数为 0.57%。

表 4 样品主要成分的统计定量结果 %

矿物种类	矿物名称	相对质量分数
金属矿物	黄铁矿	0.27
	钛铁矿	9.62
	磁铁矿	85.18
	含钛磁铁矿	2.70
	小计	97.77
脉石矿物	角闪石	0.68
	长石	0.37
	石英	0.41
	黑云母	0.48
	帘石	0.15
	石榴石	0.01
	白云母	0.01
	高岭土	0.01
	小计	2.12
副矿物	楣石	0.05
	磷灰石	0.01
	金红石	0.04
	小计	0.10
—	合计	99.99

1.1.4 钛矿物的 SEM-EDS 分析

钛矿物的 SEM-EDS 如图 1 所示。该样品中的钛及含钛金属矿物主要为钛铁矿、含钛磁铁矿。钛铁矿多为短柱状，少量为它形，部分结构致密，部分沿解理有碎裂现象，大多较粗的钛铁矿颗粒

中可见针状磁铁矿沿解理平行分布，被包裹于钛铁矿中，如图 1(a)、(b)所示，少量钛铁矿呈针状包裹于磁铁矿中。含钛磁铁矿多为针状或短柱状，且大多被包裹于钛铁矿中分布，如图 1(c)、(d)所示，仅可见个别呈蠕虫状包裹于钛铁矿中的颗粒[图 1(f)]，个别针状与铁金红石平行连生[图 1(e)]。钛铁矿和钛磁铁矿共生且嵌布偏细，是导致磁选难以有效分离铁钛矿物的主要原因。

1.2 试验方法

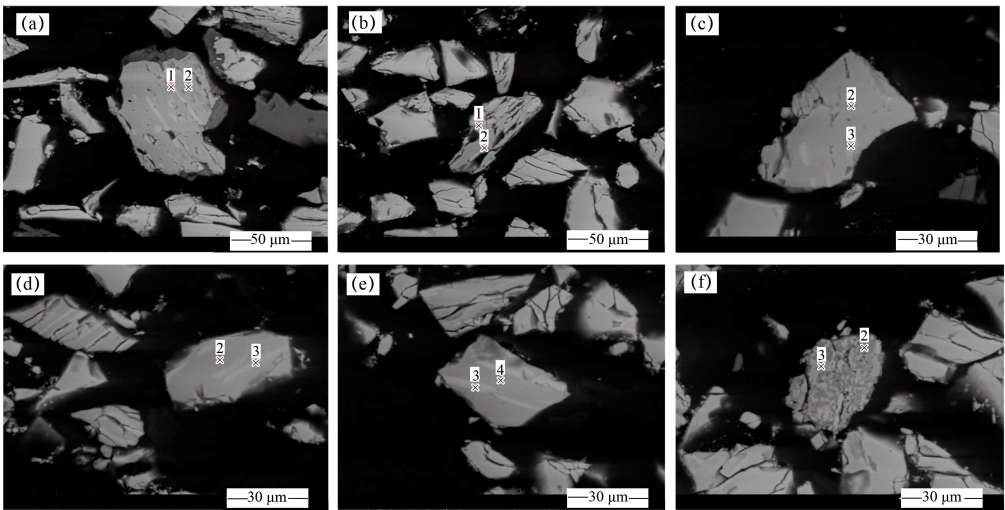
根据工艺矿物学研究结果，铁精矿中含有不同程度的钛磁铁矿和钛铁矿等钛矿物，可以利用磁铁矿和钛铁矿可浮性差异来进行铁精矿降钛。同时考虑到磨矿能耗和成本，最终确定在不磨矿的条件下直接进行浮选降钛试验研究，以期获得合理的铁钛分离指标和工艺流程方案。铁精矿和含钛矿物浮选分离过程中，降钛分选效果与矿浆 pH 值和药剂用量等因素有关，尤其是捕收剂的种类及用量。在铁精矿降钛的浮选试验中，选择具有代表性的胺类捕收剂、组合捕收剂（攀西地区选钛捕收剂），以及根据多年的浮选试验及药剂研究结果自主研发的钛铁矿捕收剂 CT-T06 和铁矿物抑制剂 CT-T09，考查浮选实现铁钛分离的可行性和有效性。

2 结果与讨论

2.1 浮选降钛探索试验

浮选降钛探索试验工艺流程为一次粗选一次扫选，选取自研药剂 CT-T09 作为磁铁矿的抑制剂，选取硝酸铅作为活化剂，2[#]油作为起泡剂，对比 3 种不同类型捕收剂（攀西地区常用选钛组合捕收剂、阳离子胺类捕收剂及自研 CT-T06 捕收剂）的浮选降钛指标。试验流程如图 2 所示，试验结果如图 3 所示。

由图 3 可知，3 种捕收剂对铁精矿的浮选降钛均有一定的选别效果，其中阳离子胺类捕收剂的浮选指标最差，铁精矿产率虽高，但铁精矿中的钛仅降低了不到 1%；攀西选矿捕收剂的浮选指标略高于阳离子胺类捕收剂，但得到的精矿产品中的钛品位仍较高；自研 CT0T06 捕收剂的浮选指标最好，得到的铁精矿中的钛品位最低。结果表明，



(a) 磁铁矿呈针状平行分布于钛铁矿颗粒中；(b) 磁铁矿呈短柱状沿钛铁矿解理分布；(c) 含钛磁铁矿包裹于钛铁矿中；(d) 含钛磁铁矿呈针状包裹于钛铁矿中；(e) 含钛磁铁矿与铁金红石平行连生；(f) 含钛磁铁矿呈蠕虫状分布于钛铁矿中
1—磁铁矿；2—钛铁矿；3—钛磁铁矿；4—金红石。

图 1 钛矿物的 SEM-EDS 分析

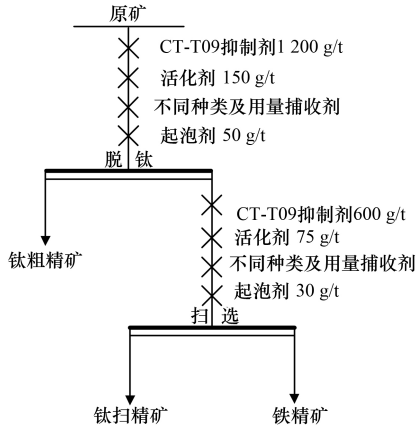
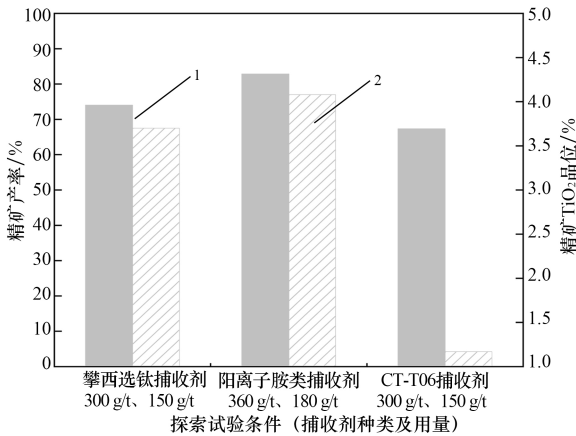


图 2 浮选降钛试验流程



1—精矿产率；2—精矿 TiO₂ 品位

图 3 浮选降钛试验结果

CT-T09 抑制剂 + CT-T06 捕收剂体系下的浮选降钛工艺流程，相对比常规浮选药剂下的降钛工艺流

程，可有效解决铁精矿降钛难的问题。在 CT-T09 抑制剂和 CT-T06 捕收剂作用下，通过一粗一扫的浮选工艺流程可获得 TiO₂ 质量分数为 1.17% 的铁精矿，表明铁精矿中的钛矿物可以得到有效分离。后续浮选降钛条件试验的捕收剂确定选择自研 CT-T06 捕收剂。

2.2 浮选降钛条件试验

在铁精矿和含钛矿物浮选分离过程中，降钛分选效果与矿浆 pH 值和各种浮选药剂的用量等条件有关。因此，为寻找出浮选降钛的最佳工艺流程和药剂制度，针对浮选探索试验确定的影响浮选指标的因素进行试验研究，分别进行不同条件下的浮选条件试验，考查浮选药剂对降钛指标的影响，确定最佳浮选条件。具体条件试验工艺流程如图 4 所示。

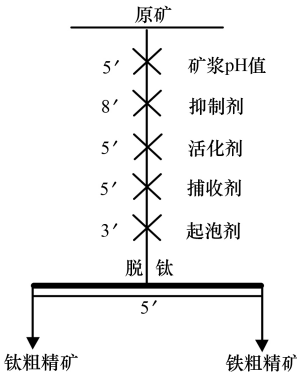
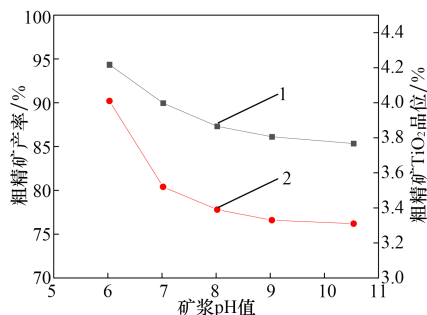


图 4 条件试验工艺流程

2.2.1 矿浆 pH 值条件试验

在铁精矿降钛的浮选体系下,矿浆 pH 值对药剂作用效果及矿物的可浮性有很大影响。调节矿浆 pH 值至 6.0、7.0、8.0、9.0 及 10.50 左右,在 CT-T09 抑制剂为 1 200 g/t、活化剂为 150 g/t、CT-T06 捕收剂为 150 g/t、起泡剂为 50 g/t 的药剂制度下,按照图 4 的工艺流程进行矿浆 pH 值条件试验,研究不同矿浆 pH 值对铁精矿浮选降钛指标的影响,试验结果如图 5 所示。



1—粗精矿产率; 2—粗精矿 TiO₂ 品位

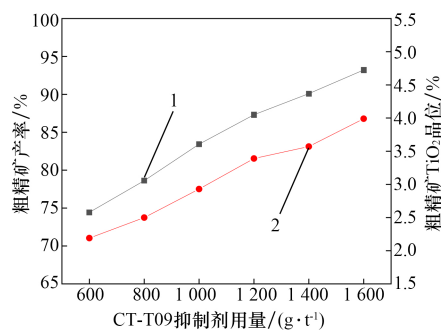
图 5 矿浆 pH 值条件试验结果

由图 5 可知:不同矿浆 pH 值下的浮选降钛指标效果不同。随着矿浆 pH 值的增加,铁粗精矿 TiO₂ 品位先减小后趋于稳定,产率不断减小。当矿浆 pH 值增至 8.02 时,铁粗精矿 TiO₂ 品位为 3.39%,产率为 87.31%;继续增加矿浆 pH 值时,铁粗精矿 TiO₂ 品位维持在 3.3% 左右,但铁粗精矿产率不断降低。通过 pH 调整剂调整矿浆 pH 值意义不大,并且会消耗药剂增加成本。综上所述,后续浮选降钛条件试验的矿浆 pH 值确定为 8.0 左右,即不需要添加 pH 调整剂。

2.2.2 CT-T09 抑制剂用量试验

浮选降钛试验中需要通过添加抑制剂来抑制铁精矿,从而保证铁精矿的产率,CT-T09 抑制剂是自主研发的高效铁精矿抑制剂。设置 CT-T09 抑制剂用量分别为 600、800、1 000、1 200、1 400、1 600 g/t,在原矿浆 pH、活化剂为 150 g/t、CT-T06 捕收剂为 150 g/t、起泡剂为 50 g/t 的药剂制度下按照图 4 的工艺流程进行 CT-T09 抑制剂用量试验,研究不同抑制剂用量对铁精矿降钛指标的影响,试验结果如图 6 所示。

由图 6 可知:随着 CT-T09 抑制剂用量的增加,铁粗精矿的产率和 TiO₂ 品位均逐渐增加。当



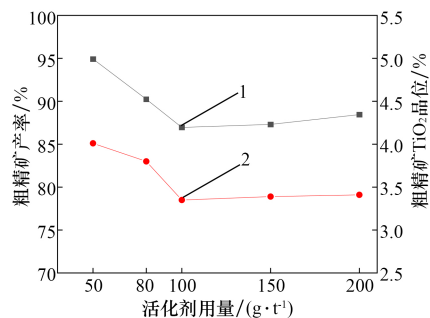
1—粗精矿产率; 2—粗精矿 TiO₂ 品位

图 6 CT-T09 抑制剂用量试验结果

CT-T09 抑制剂用量为 600 g/t 时,铁粗精矿 TiO₂ 品位为 2.19%,但产率仅为 74.44%,作为粗选精矿而言产率较低;当 CT-T06 抑制剂用量增至 1 200 g/t 时,铁粗精矿产率超过 85%,此时铁粗精矿中的 TiO₂ 品位虽有所增加,但仍未超过 3.50%,浮选指标较为理想;继续增加 CT-T09 抑制剂用量时,钛粗精矿 TiO₂ 品位高至 3.50% 以上,难以达到试验要求。综上所述,后续浮选降钛条件试验的 CT-T06 抑制剂用量确定为 1 200 g/t。

2.2.3 硝酸铅活化剂用量试验

硝酸铅作为一种活化剂在钛浮选被广泛应用,溶液中的铅离子能够吸附在矿物表面,为捕收剂在矿物表面的吸附提供活性位点,从而提高钛的浮选效率。设置硝酸铅活化剂用量分别为 50、80、100、150、200 g/t,在原矿浆 pH、CT-T09 抑制剂为 1 200 g/t、CT-T06 捕收剂为 150 g/t、起泡剂 50 g/t 的药剂制度下按照图 4 的工艺流程,研究不同活化剂用量对铁精矿降钛指标的影响,试验结果如图 7 所示。



1—粗精矿产率; 2—粗精矿 TiO₂ 品位

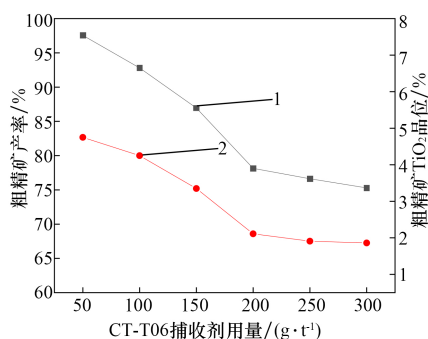
图 7 硝酸铅活化剂用量条件试验结果

由图 7 可知:活化剂用量对浮选指标影响较大,随着硝酸铅活化剂用量的增加,铁粗精矿的产

率和 TiO_2 品位先减少后缓慢增加。当硝酸铅活化剂用量较小时,铁粗精矿的产率和 TiO_2 品位均明显降低,当硝酸铅活化剂用量增至 100 g/t 时,此时铁粗精矿的 TiO_2 品位为 3.35% ;继续增加活化剂用量,铁粗精矿的产率和 TiO_2 品位增加幅度不大,趋于稳定,浮选结果基本一致。综上结果,后续浮选降钛条件试验的抑制剂用量确定为 100 g/t 。

2.2.4 CT-T06 捕收剂用量试验

基于前期的浮选降钛探索结果可知,在铁精矿降钛的浮选试验中,自主研发的钛铁矿捕收剂CT-T06的浮选效果优于具有代表性的胺类捕收剂、组合捕收剂(攀西地区选钛捕收剂),适宜的捕收剂用量有助于得到更科学合理的浮选指标。设置CT-T06捕收剂用量分别为 50 、 100 、 150 、 200 、 250 、 300 g/t ,在原矿浆 pH 、CT-T09抑制剂为 $1\ 200\text{ g/t}$ 、硝酸铅活化剂为 100 g/t 、起泡剂为 50 g/t 的药剂制度下按照图4的工艺流程,研究不同CT-T06捕收剂用量对铁精矿降钛指标的影响,试验结果如图8所示。



1—粗精矿产率;2—粗精矿 TiO_2 品位

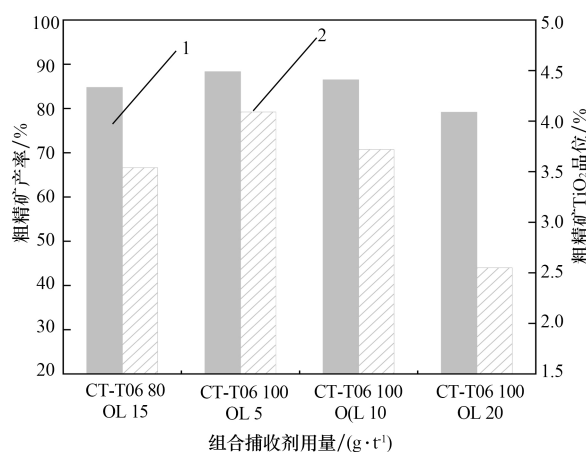
图8 CT-T06捕收剂用量条件试验结果

由图8可知:随着CT-T06捕收剂用量的增加,铁粗精矿的产率和 TiO_2 品位均逐渐减少。当CT-T06捕收剂用量较小时,此时铁粗精矿的产率和 TiO_2 品位下降幅度较大,在CT-T06捕收剂用量增至 200 g/t 后时,铁粗精矿 TiO_2 品位降至 2.11% ;继续增加CT-T06捕收剂用量至 250 g/t 时,铁粗精矿 TiO_2 品位降至 2.0% 以下;继续增加捕收剂用量,铁粗精矿中 TiO_2 品位变化不大,但产率逐渐降低,综上结果,后续浮选降钛条件试验的捕收剂用量确定为 250 g/t 。

2.2.5 组合捕收剂用量试验

钛铁矿浮选中,CT-T06捕收剂选择性好,脂肪

酸捕收剂捕收性好,考虑在保证浮选指标情况下,尽可能减少CT-T06捕收剂的用量,从而节省药剂用量。设置CT-T06和脂肪酸组合捕收剂总量分别为 95 、 105 、 110 、 120 g/t ,在原矿浆 pH 、CT-T09抑制剂为 $1\ 200\text{ g/t}$ 、活化剂为 100 g/t 、起泡剂为 50 g/t 的药剂制度下按照图4的工艺流程,研究两种捕收剂组合使用对铁精矿降钛指标的影响,试验结果如图9所示



1—粗精矿产率;2—粗精矿 TiO_2 品位

图9 组合捕收剂用量条件试验结果

由图9可知:脂肪酸的捕收能力较强,在CT-T06捕收剂低用量时,随着脂肪酸捕收剂用量的增加,钛粗精矿产率逐渐升高。在CT-T06捕收剂用量 100 g/t 和脂肪酸用量 20 g/t 时,铁粗精矿中 TiO_2 品位为 2.55% ,说明CT-T06捕收剂与脂肪酸捕收剂组合使用,可获得较好的降钛分选指标。但相对于CT-T06捕收剂,组合捕收剂的选择性降低,且浮选过程中泡沫量大,易产生泡沫夹带现象携带铁精矿,造成铁矿物的损失。综上结果,暂不使用组合捕收剂进行后续试验。

2.3 浮选开路试验

在以上条件试验的基础上进行了开路试验,开路试验进行了两次扫选,目的是进一步降低铁精矿中钛质量分数。基于各条件试验最优的浮选药剂用量,最终选择粗选CT-T09抑制剂为 $1\ 200\text{ g/t}$ 、活化剂为 100 g/t 、CT-T06捕收剂为 250 g/t 、起泡剂为 50 g/t 时的浮选药剂制度进行开路试验,以期得到 TiO_2 质量分数较少的浮选铁精矿。开路试验药剂制度及试验流程如图10所示,试验结果如表5所示。

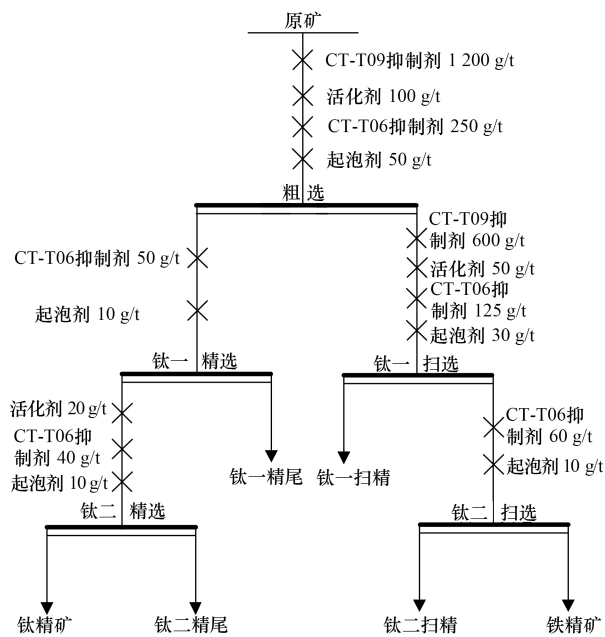


图 10 开路试验流程

表 5 开路试验流程结果 %

样品名称	产率	TiO ₂ 品位	TiO ₂ 回收率
铁精矿	67.51	1.49	20.27
钛一扫精	5.97	7.45	8.97
钛二扫精	2.06	4.35	1.81
钛一精尾	6.85	2.14	2.95
钛二精尾	3.36	5.68	3.85
钛精矿	14.25	21.65	62.15
合计	100.00	4.96	100.00

由表5可知,当粗选CT-T09抑制剂为1 200 g/t、活化剂为 100 g/t、CT-T06 捕收剂为 250 g/t、起泡剂为 50 g/t 时,经一粗两扫两精的工艺流程,可以获得产率为 67.51%, TiO₂ 质量分数为 1.49%, TiO₂ 回收率为 20.27%的铁精矿。

2.4 浮选闭路试验

在开路试验结果的基础上进行闭路试验,闭路试验药剂制度及试验流程如图 11 所示,结果如表 6 所示。

表 6 闭路试验流程结果 %

样品名称	产率	品位		回收率	
		TFe	TiO ₂	TFe	TiO ₂
铁精矿	72.79	68.98	1.54	76.37	22.60
钛精矿	27.21	57.11	14.11	23.63	77.40
合计	100.00	65.75	4.96	100.00	100.00

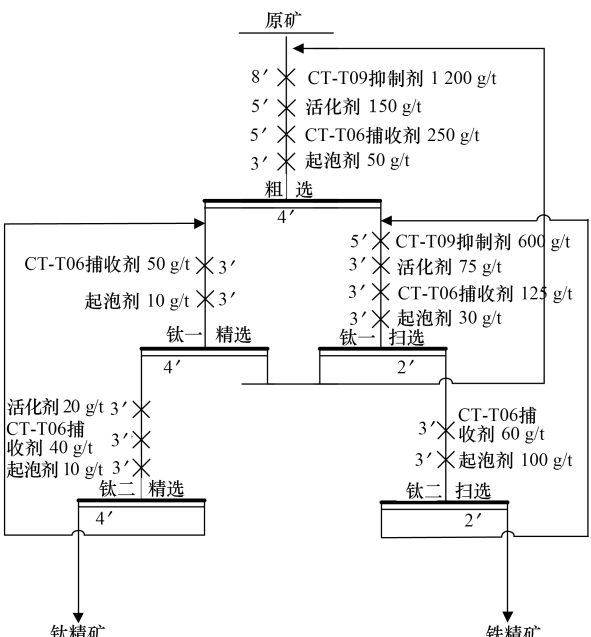


图 11 闭路试验流程

由表 6 可知,对于 TiO₂ 质量分数为 4.96%、TFe 品位为 65.75%的铁精矿,采用如图 11 所示的闭路试验流程及药剂制度,最终可以获得产率为 72.79%, TFe 品位为 68.98%、回收率为 76.37%, TiO₂ 品位为 1.54%的铁精矿,同时可以获得产率为 27.21%、TiO₂ 品位为 14.11%、回收率为 77.40%的钛精矿。

3 结 论

(1) 该矿样为高钛铁精矿,主要杂质元素是钛, TFe 质量分数为 65.75%, TiO₂ 质量分数为 4.96%;矿样中粒度较细,主要的钛矿物分布在 -38 μm 粒级中;粗粒级 TiO₂ 品位略高,分布率较低。矿样中金属矿物主要为磁铁矿、含钛磁铁矿、钛铁矿等;硅酸盐矿物主要为透闪石、石英、长石等;金属矿物约 98%,以磁铁矿为主,脉石矿物约 2%;钛铁矿和钛磁铁矿共生且嵌布偏细,是导致磁选难以有效分离铁钛矿物的主要原因。

(2) 根据工艺矿物学研究结果,同时考虑到能耗和成本,因此确定在不再磨矿的条件下,直接进行浮选降钛试验研究。直接浮选降钛分选试验结果表明:对于 TiO₂ 质量分数为 4.96%、TFe 品位 65.75%的铁精矿,采用一粗两扫两精的闭路浮选工艺及 CT-T09 抑制剂+CT-T06 捕收剂的药剂体系下,最终可以获得产率为 72.79%, TFe

品位为 68.98%、回收率为 76.37%, TiO_2 品位为 1.54% 的铁精矿,同时可以获得产率为 27.21%、 TiO_2 品位为 14.11%、回收率为 77.40% 的钛精矿,为该类型铁精矿的除杂降钛提供了依据。

参考文献:

- [1] 刘德忠. 关于我国铁矿石产业的研究[D]. 北京:对外经济贸易大学,2007.
- [2] 潘钊彬. 碳中和背景下我国低碳炼铁技术发展现状与前景[J]. 烧结球团,2024,49(1):35-41.
- [3] 张瑞彬. 探寻铁矿山选矿技术的新进展[J]. 城市地理,2015(14):63-63.
- [4] 张鹏羽,喻明军,魏进超,等. 某微细粒嵌布铁矿石磁选工艺研究[J]. 工程建设,2023,55(9):1-5.
- [5] 赖绍师. 某铁精矿提纯工艺试验研究[J]. 工程建设,2019,51(6):34-37.
- [6] 高斯. 低品位铁矿选矿工艺及超纯铁精矿制备的研究[D]. 武汉:武汉科技大学,2018.
- [7] 李磊,金建文,肖仪武,等. 影响攀西某磁铁矿精矿品质的矿物学因素分析[J]. 矿产综合利用,2021,(4):193-196.
- [8] FENG C, CHU M, TANG J, et al. Effects of MgO and TiO_2 on the viscous behaviors and phase compositions of titanium-bearing slag[J]. International Journal of Minerals Metallurgy and Materials, 2016, 23(8):868-880.
- [9] 陈超,张裕书,张少翔,等. 攀枝花铁精矿磁选提铁降杂工艺研究[J]. 矿产保护与利用,2018(2):69-73.
- [10] 张礼,王长福. 钒钛磁铁矿资源选矿技术及综合利用研究进展[J]. 矿产保护与利用,2023,43(5):127-137.
- [11] 郭客,张志强,王绍艳,等. 钒钛磁铁精矿中钛铁分离技术研究[J]. 金属矿山,2019(8):113-119.
- [12] 郭文达,韩跃新,朱一民,等. 岩浆岩型含钛铁精矿降钛研究[J]. 金属矿山,2019(2):71-75.
- [13] 李硕,陈福林,蔡先炎,等. 攀西某钒钛铁精矿提质降杂试验研究[J]. 钢铁钒钛,2023,44(5):105-110.
- [14] 张云,叶国华,项新月,等. 铁精矿提品降钛试验研究[J/OL]. 矿物学报:1-9.

本刊编辑部版权许可声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社、万方数据电子出版社、重庆维普资讯有限公司、超星学术期刊“域出版”等第三方平台在其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊编辑出版的文章。本刊不收取版面费、专家审稿费(相关著作权许可使用费与审稿费相抵,不再另行支付),对优质稿件支付稿酬。作者向本刊提交文章发表的行为视为同意上述许可声明,如有异议请来稿说明,本刊将作适当处理。