

新疆某低品位钒钛磁铁矿铁、钛综合回收试验研究

马东林¹, 杨耀辉^{2,3}, 邓建^{2,3*}, 严伟平^{2,3}, 王洪彬⁴

(1. 新疆八钢矿业资源有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830022; 2. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041; 3. 自然资源部战略性矿产综合利用工程技术创新中心, 四川 成都 610041; 4. 攀钢集团矿业有限公司, 四川 攀枝花 617000)

摘要:针对新疆某低品位钒钛磁铁矿资源,进行了铁、钛选矿高效综合回收试验研究,根据矿石特性,开发了阶段选回收铁—强磁预富集+浮选回收钛的铁、钛综合回收技术工艺流程。选铁流程最终获得产率 16.43%, TFe 品位 57.08%, Fe 回收率 53.24% 的铁精矿产品;选钛预富集最终获得产率 23.35%, TiO₂ 品位 16.30%, 回收率 50.22% 的钛铁矿入浮物料产品;浮选选钛最终获得产率 25.60%, TiO₂ 品位 48.02%、TiO₂ 作业回收率为 75.62% 的钛精矿产品。指标良好,为该地区低品位钒钛磁铁矿的铁、钛资源回收提供了技术参考。

关键词:钒钛磁铁矿;低品位矿;选矿;铁;钛;回收率

中图分类号:TD981

文献标志码:A

文章编号:1004-7638(2023)05-0015-08

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2023.05.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



听语音
与作者互动
聊科研

Study on the comprehensive recovery of Fe and Ti from a low grade vanadium-titanium magnetite in Xinjiang

Ma Donglin¹, Yang Yaohui^{2,3}, Deng Jian^{2,3*}, Yan Weiping^{2,3}, Wang Hongbin⁴

(1. Xinjiang Bagang Mining Resources Co., Ltd., Wulumuqi 830022, Xinjiang, China; 2. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu 610041, Sichuan, China; 3. Technology Innovation Center for Comprehensive Utilization of Strategic Mineral Resources, Ministry of Natural Resources, Chengdu 610041, Sichuan, China; 4. Pangang Group Mining Co., Ltd., Panzhihua 617000, Sichuan, China)

Abstract: Aiming at a low-grade vanadium titanomagnetite resource in Xinjiang, an experimental study on efficient comprehensive recovery of iron and titanium beneficiation was carried out. According to the specific properties of the ore, a technological process of iron and titanium comprehensive recovery was developed, including stage grinding stage selection of iron, strong magnetic preconcentration, and flotation to recover titanium. The iron concentrate product with a yield of 16.43%, a TFe grade of 57.08%, and a Fe recovery of 53.24% was finally obtained from the iron separation process. Ilmenite flotation material products with yield of 23.35%, TiO₂ grade of 16.30% and recovery of 50.22% were finally obtained by titanium separation and preconcentration. The final result of titanium flotation is a titanium

收稿日期:2023-07-18

基金项目:国家自然科学基金战略性矿产资源开发利用专项(2021YFC2900800);中国地质调查局地质调查项目“金属矿产资源节约与综合利用调查”(DD20230039)。

作者简介:马东林,1970年出生,男,四川阆中人,本科,工程师,长期从事新疆铁矿、钒钛磁铁矿规划、开发及生产, E-mail: 517323861@qq.com; *通讯作者:邓建,1994年出生,男,重庆大足人,硕士研究生,实习研究员,主要从事钒钛磁铁矿、萤石等战略矿产资源分离技术与产业化研究工作, E-mail: 610227647@qq.com。

concentrate product with a yield of 25.60%, a TiO_2 grade of 48.02%, and a TiO_2 recovery rate of 75.62%. With such good index, this process provides a technical reference for iron and titanium recycling of low-grade vanadium titanium magnetite in such areas.

Key words: vanadium titanomagnetite, low-grade ore, mineral separation, iron, titanium, recovery rate

0 引言

钒钛磁铁矿是一种多金属共伴生矿石,是目前铁、钛、钒的重要来源,通常还伴生有钴、镍、铜、镓及铈等多种具有经济价值的有益组分,综合利用价值极高^[1-4]。钒钛磁铁矿是我国乃至全球重要的战略资源,不仅可以提供社会发展必不可少的铁资源,同时还为航天航空等提供必须的钒、钛战略物资,钒钛磁铁矿的开发利用对社会的发展具有重要的意义^[5-7]。矿产资源是不可再生资源,随着我国经济社会的发展,我国对铁、钒、钛等矿产品的需求量也日益增加,钒钛磁铁矿资源短缺的压力越来越大,资源形势日趋严峻^[8]。寻找矿产资源接替区,提高低品位钒钛磁铁矿资源的开发利用技术水平,为经济社会的发展提供良好的资源保障具有十分重要的意义^[9-10]。

新疆是全国矿产资源最为丰富的省区之一,是我国重要的矿产资源接替区,其钒钛磁铁矿资源储量大,具备规模化开发利用条件,主要分布在喀什地区巴楚县、克州、哈密地区,但大多为低品位钒钛磁铁矿(TFe 平均品位 12%~18%),估算远景资源量超过 30 亿 t。新疆钒钛磁铁矿出现在含铁质较高的基性—超基性岩体中,属于岩浆分异型矿床,矿石性质与攀枝花钒钛磁铁矿相似。随着我国铁、钛资源需求的增加,为新疆钒钛磁铁矿资源的开发创造了良好的发展机遇和广阔的市场前景。但其开发利用中铁含量未达到工业品位要求,选矿比大,资源开发水平不高,生产规模不稳定,企业效益低等问题突出。若采用以往以铁为主的开发利用方案,不仅选矿成本高且效益低,也不符合资源集约节约利用的发展要求^[11-12]。对该矿的合理开发必须进行多种有益元素的综合利用,如何加强新疆钒钛磁铁矿资源的选矿综合利用水平是该矿开发利用的关键问题。

笔者通过对新疆某低品位钒钛磁铁矿矿石性质的深入分析,针对性开展了铁、钛综合回收利用方案的研究,实现了该低品位矿中铁、钛资源的有效综合回收,获得了适宜的工艺流程及技术条件,选矿指标良好,为该类地区低品位钒钛磁铁矿的铁、钛资源回收提供了可靠的技术参考。

1 矿石性质

1.1 样品化学分析

研究共计采取该地区 17 t 矿样,通过破碎、筛分、混匀制得了该地区低品位钒钛磁铁矿典型试验矿样,并对其开展样品分析与试验研究。

针对试验原矿样进行了化学多项分析,结果见表 1。结果显示,该矿石中的主要有价元素为铁和钛,其 TFe 品位 17.40%、 TiO_2 品位 7.78%, V_2O_5 品位 0.154%。矿石中 SiO_2 、 Al_2O_3 、CaO、MgO 的含量总计为 64.05%,矿石中铝硅酸盐类矿物含量非常高,属于低品位钛磁铁矿矿石。

表 1 试验原矿化学多项分析结果
Table 1 Chemical multiple analysis results of the test raw ore %

TFe	FeO	Fe_2O_3	TiO_2	V_2O_5	SiO_2	Al_2O_3
17.40	10.06	13.42	7.78	0.154	35.38	4.46
CaO	MgO	Cu	Co	Ni	S	P
14.53	9.68	0.029	0.013	0.024	0.063	0.046

1.2 样品矿物组成与含量

通过光学显微镜、扫描电子显微镜等分析测试手段,对矿石中的矿物进行了鉴定,测得其矿物组成及含量,结果如图 1、表 1~3 所示。

铁化学物相分析结果表明,矿石中的铁主要分布于钛磁铁矿中,占铁总量的 56.79%,其它类型铁矿物含量过低,不具备开发利用价值。

钛化学物相分析结果表明,钛的赋存相对集中,分布于钛铁矿中的 TiO_2 占总量的 55.48%。部分进入钛磁铁矿主晶晶格;少部分分布于脉石中的 TiO_2 进入辉石等晶格,构成类质同像的钛。

矿石中主要金属矿物为钛磁铁矿、钛铁矿,占比分别为 18.39% 和 7.90%;脉石类约占 73.51%,其中主要为普通辉石,矿物量约占 60%,普通角闪石、矿物量约占 3%,云母、矿物量约占 1% 等;矿石中硫化物含量较低,难以作为单独产品利用。

1.3 样品矿物粒度分布

矿样中钛磁铁矿及钛铁矿粒度统计结果见表 4。

可见, 矿石中钛磁铁矿颗粒整体较粗, 但钛磁铁矿颗粒内部结构复杂, 多数存在固溶体矿物镁铝尖晶石, 部分钛磁铁矿中还有钛铁片晶存在, 部分钛磁铁矿颗粒赤铁矿化, 有些颗粒严重赤铁矿化。表面上看似钛磁铁矿颗粒粗大, 但实际因为固溶体存在而使粗磨铁精矿品位不高。除钛磁铁矿中微细片晶形式存在的钛铁矿较细外, 钛铁矿颗粒总体较粗。呈片晶形式嵌布的钛铁矿要想尽可能地回收需深度细磨, 使其从钛磁铁矿中解离出来, 部分即使细磨也难解离。

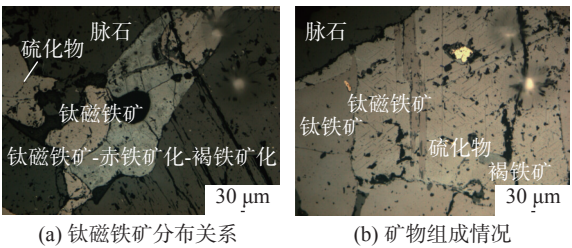


图 1 原矿物组成与分布情况

Fig. 1 Components and minerals distribution of raw ore minerals

表 2 原矿铁化学物相分析结果

Table 2 Chemical phase analysis results of raw iron ore %

	钛磁铁矿中 铁	钛铁矿中 铁	赤、褐 铁中 铁	菱铁矿 中 铁	硫化铁 中 铁	硅酸铁 中 铁	合计
含量	9.79	1.15	2.56	0.59	0.26	2.89	17.24
占有率	56.79	6.67	14.85	3.42	1.51	16.76	100.00

表 3 原矿钛化学物相分析结果

Table 3 Chemical phase analysis results of raw titanium ore %

	钛铁矿中 TiO ₂	钛磁铁矿中 TiO ₂	其它 TiO ₂	合计
含量	4.30	1.40	2.05	7.75
占有率	55.48	18.07	26.45	100.00

表 4 钛磁铁矿粒度统计

Table 4 Particle size statistics of titanium magnetite

粒级/mm	钛磁铁矿		钛铁矿	
	含量/%	累计/%	含量/%	累计/%
0.5	6.9	6.9	9.28	9.28
-0.5 ~ +0.1	48.15	55.05	52.9	62.18
-0.10 ~ +0.074	29.25	84.3	20.25	82.43
-0.074 ~ +0.043	7.96	92.26	6.89	89.32
-0.043	7.74	100	10.68	100

1.4 开发设想与试验方案

由矿石性质分析可以看出, 矿石中主要回收的

目标元素为 Fe、Ti, 但该钒钛磁铁矿矿样铁、钛品位均较低, 虽然粒度整体较粗, 但颗粒内部结构复杂, 获得较高品位精矿的难度较大。考虑到有用矿物整体粒度较粗、品位较低等因素, 故采用先选铁再选钛、阶段磨矿阶段选铁、强磁预富集—浮选选钛工艺开展 Fe、Ti 回收实验室可行性研究。其中, 弱磁选铁采用滚筒式弱磁选机, 强磁预富集采用立环高梯度强磁选机(SSS- I -500), 浮选采用挂槽式浮选机(XFG), 浮选药剂为捕收剂 MOH、柴油, 调整剂为硫酸、草酸、硅酸钠、纤维素(CMC)。

2 试验结果与讨论

2.1 阶段磨矿阶段选铁试验

根据原矿化学多项分析、铁化学物相分析和矿物分析结果可知, 原矿 TFe 含量低, 仅 17.40%, 为低品位钒钛磁铁矿。在中低品位矿石开采利用过程中, 采用阶段磨选工艺, 可有效节约能耗, 降低生产成本。

1)一段磨选试验

一段磨矿细度试验结果如图 2 所示, 表明随着磨矿细度降低, 一段磁选精矿回收率逐渐降低, TFe 品位逐渐升高。综合考虑一段磁选精矿 TFe 品位与回收率之间的关系及阶段磨选工艺的基本思路, 一段磁选的磨矿细度以-0.075 mm 含量 35% 左右为宜。

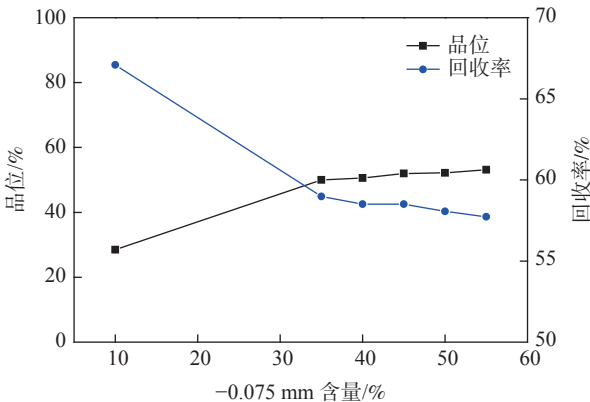


图 2 一段磨矿细度试验结果

Fig. 2 Results of grinding fineness test for the first section

在磨矿细度-0.075 mm 含量 35% 左右的条件下, 改变湿式弱磁选机的磁场强度进行磁选磁场强度条件试验, 确定该矿石磁选的最佳场强, 结果如图 3 所示。

由图 3 可知, 随着磁场强度增强, 一段磁选精矿 TFe 品位逐渐降低, TFe 回收率呈逐渐升高趋势。当磁场强度达到 102.5 kA/m 后, 选矿技术指标变

化幅度极小,因此,一段磁选磁场强度大小以 102.5 kA/m 为宜。

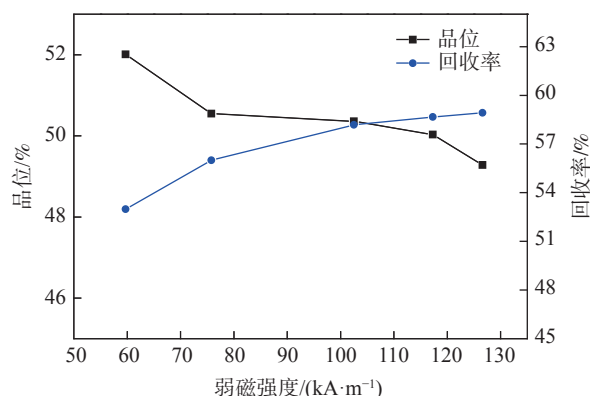


图 3 一段弱磁选磁场强度试验结果

Fig. 3 Results of magnetic field intensity test for the first weak magnetic separation

2) 选铁二段磨选试验

为了进一步提高铁精矿品位,降低铁精矿含钛量及其他杂质含量,获得较高质量的铁精矿产品,对一段磁选获得的铁粗精矿进行了二段磨矿磁选试验,结果见图 4。

从图 4 可以看出,随着磨矿细度逐渐升高,二段磁选精矿 TFe 品位逐渐升高,铁精矿 TFe 回收率呈逐渐降低趋势。综合考虑铁精矿 TFe 品位与回收率之间的关系,二段磨矿细度以 -0.075 mm 含量 85% 左右为宜。

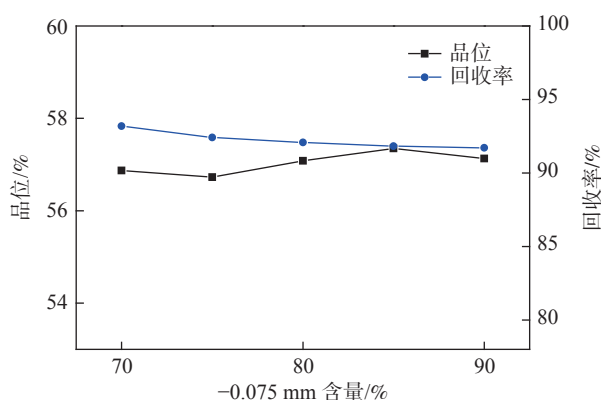


图 4 二段弱磁选磨矿细度试验结果

Fig. 4 Results of grinding fineness test for the second stage weak magnetic separation

在二段磨矿细度为 -0.075 mm 含量 85% 的条件下,改变湿式弱磁选机的磁场强度进行磁选磁场强度条件试验,确定该矿石磁选的最佳场强,结果如图 5 所示。

由图 5 的结果可知,随着磁场强度增强,二段磁选精矿 TFe 品位逐渐升高后趋于稳定,铁精矿 TFe 回收率呈逐渐升高趋势,但整体变化幅度较小。当

磁场强度达到 59.7 kA/m 后,选矿技术指标变化幅度极小,为了更好保证试验结果的稳定性,二段磁选磁场强度大小选择 75.8 kA/m。

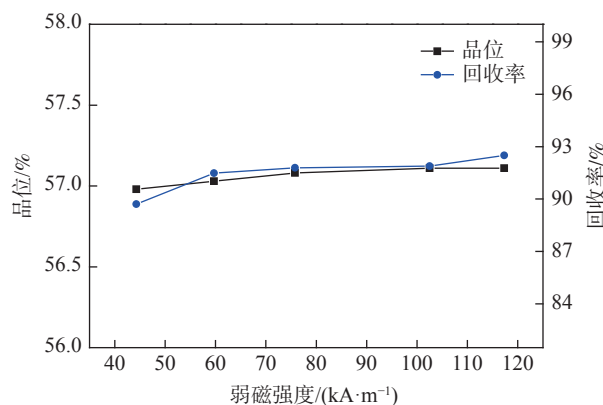


图 5 二段弱磁选磁场强度试验结果

Fig. 5 Test results of magnetic field strength for the second weak magnetic separation

3) 阶磨阶选选铁全流程试验

针对试验原矿进行阶磨阶选回收铁全流程(图 6)试验研究,结果表明,一段磨矿细度 -0.075 mm 含量 35%,磁场强度 102.5 kA/m;二段磨矿细度 -0.075 mm 含量 85%,磁场强度 75.8 kA/m,可获得铁精矿产率 16.43%,TFe 品位 57.08%,TFe 回收率 53.24% 的指标。

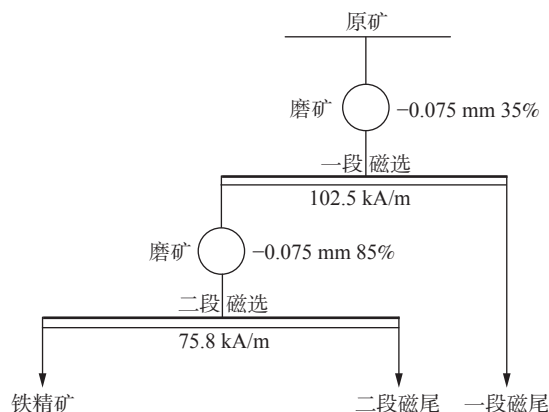


图 6 阶磨阶选选铁全流程试验

Fig. 6 Full process test of step grinding and iron selection

2.2 选钛试验

对该矿石采用强磁—浮选流程选钛,选钛的物料是选铁尾矿,选铁尾矿由一段弱磁尾矿和二段弱磁尾矿组成。其中测得一段弱磁尾矿 TiO_2 品位 6.65%,其必须经过强磁选,大量抛出尾矿以获得合格入浮物料;测得二段磁选尾矿中 TiO_2 品位为 16.71%,二段磁选尾矿 TiO_2 品位较高,可以经过弱磁扫铁后不经过强磁直接作为选钛入浮物料。

2.2.1 选铁强磁预富集试验

一段磁选尾矿品位为 TFe 9.38%、TiO₂ 6.64%，对其进行强磁选试验，考察尾矿中钛回收的最佳条件，试验设备为 SSS- I -500 型立环高梯度磁选机，转环速度 30 Hz，脉动冲次 75 Hz，改变磁场强度大小，以确定预富集的最佳磁选强度。

试验结果(图 7)表明，随着磁场强度升高，TiO₂ 品位逐渐降低，TiO₂ 回收率逐渐升高，总体来看，一段强磁精矿 TiO₂ 含量提高幅度有限。一段强磁以保证 TiO₂ 回收率为主。综合考虑品位和回收率，选择一段强磁磁场强度为 398.0 kA/m。一段强磁精矿 TiO₂ 品位不高，需要进行二段强磁精选提高浮钛入浮物料品位，但是从一段强磁试验结果看出，即使磁场强度低至 238.8 kA/m，强磁精矿 TiO₂ 含量也只能从 6.40% 升至 10.96%，为了提高二段强磁精矿 TiO₂ 含量，对一段强磁精矿进行了再次磨矿。

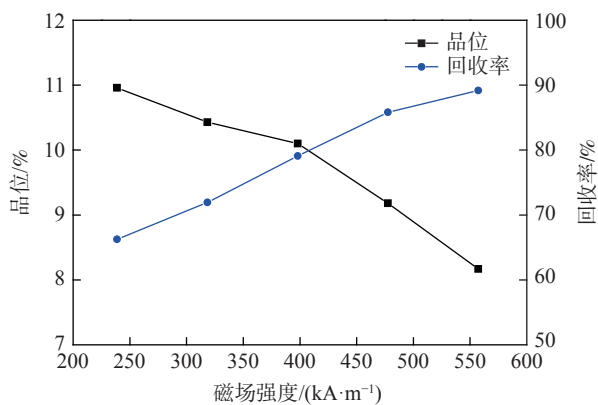


图 7 一段强磁磁场强度试验结果

Fig. 7 Test results of strong magnetic field intensity for the first section

将一段强磁精矿再磨至-0.075 mm 占 80%，进行二段强磁试验，转环速度 30 Hz，脉动冲次 75 Hz，改变磁场强度大小，以确定二段磁选的最佳磁选强度。由试验结果(图 8)可知，一段强磁精矿再磨后经过二段强磁，二段强磁精矿 TiO₂ 含量可以从 10.00% 提升至 16.70%，随着磁场强度升高，TiO₂ 品位逐渐降低，TiO₂ 回收率逐渐升高，二段强磁可以得到较高 TiO₂ 品位的强磁精矿，综合考虑，选择磁场强度 398.0 kA/m。

采用确定的强磁条件对一段选铁尾矿进行了强磁预富集试验，将二段选铁尾矿与一段选铁尾矿预富集产品混合，制取了浮选入料，试验流程如图 9 所示。最终获得产率 23.35%，TiO₂ 品位 16.30%，回收率 50.22% 的钛铁矿入浮物料产品，针对入浮物料产品开展钛浮选条件优化试验。

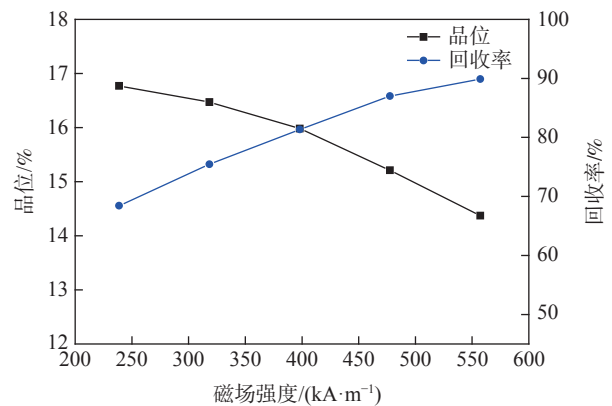


图 8 二段强磁磁场强度试验结果

Fig. 8 Test results of strong magnetic field strength for the second stage

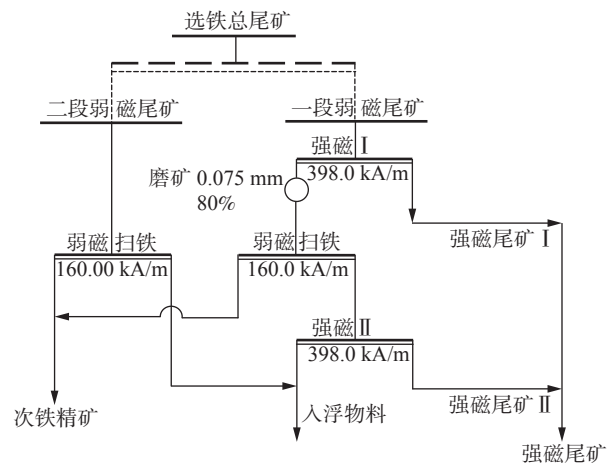


图 9 选铁尾矿预富集流程

Fig. 9 Preconcentration flow chart of iron tailings

2.2.2 浮选选钛条件试验研究

1) 捕收剂用量试验

钛铁矿常用的捕收剂为脂肪酸类、含磷类、含砷类、羟肟酸类等，在实际应用中，单一捕收剂往往不能达到理想的选别效果，利用两种或多种药剂组合的协同效应可达到更优选别效果。生产上应用较为成功的组合类捕收剂有 MOH、F968、XT 等。本研究采用 MOH 作为选钛捕收剂，采用脱硫——一次粗选的传统选钛流程以确定适宜的捕收剂用量，试验结果如图 10 所示。

由试验结果可知，随着捕收剂用量的增加，钛粗精矿 TiO₂ 回收率呈明显上升趋势，TiO₂ 品位呈下降趋势。权衡精矿 TiO₂ 品位和回收率，捕收剂用量以 2 300 g/t 为宜。

2) 柴油用量试验

在钛铁矿的浮选中，常用中性油作为辅助捕收剂。本研究采用常用的柴油作为浮选选钛辅助捕收

剂,开展柴油用量试验,同样采用脱硫—粗选流程,试验结果如图11所示。

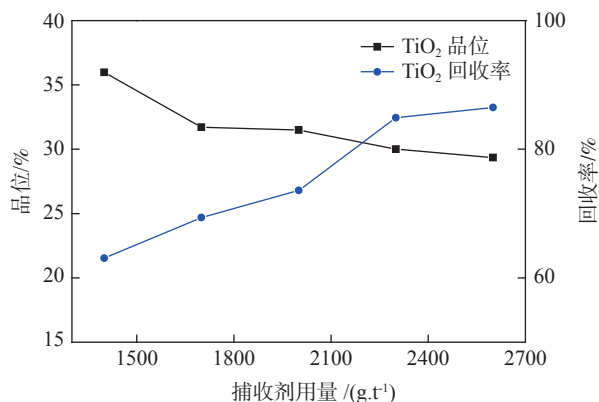


图10 捕收剂用量试验结果

Fig. 10 Test results of the dosage of floating collector

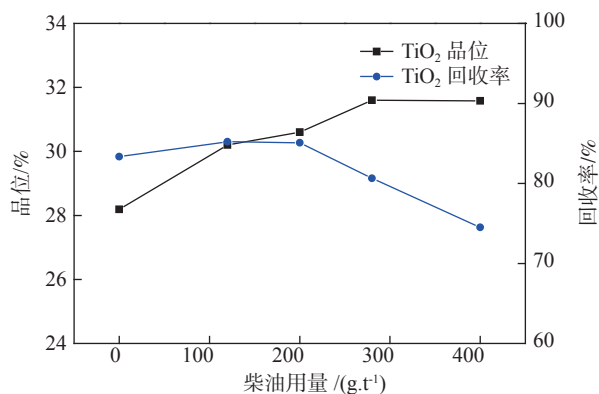


图11 柴油用量试验结果

Fig. 11 Test results of diesel fuel dosage

试验结果表明,随着柴油用量的增加,钛粗精矿的产率呈下降趋势,精矿 TiO₂ 品位呈上升趋势后趋于稳定, TiO₂ 回收率先上升后下降。从试验现象发现,添加适量的柴油,对粗粒钛铁矿的上浮有一定的帮助,但是柴油用量过大,泡沫层变薄,泡沫发空,钛铁矿回收率下降,权衡粗精矿 TiO₂ 品位和回收率,柴油用量以 120 g/t 为宜。

3) 硫酸用量试验

在浮选中, pH 值是影响矿物表面电性和药剂活性的重要因素,矿浆的酸碱度对浮选钛铁矿有很大影响。采用硫酸做 pH 值调整剂,一方面有利于除去钛铁矿表面的氧化膜,使 Fe²⁺ 变成 Fe³⁺,活化钛铁矿浮选;另一方面可清洗粘附于钛铁矿表面的矿泥,达到脱泥效果。试验采用脱硫—粗选的浮选流程,确定适宜的硫酸用量,试验结果如图12所示。

试验结果表明,随着硫酸用量的增加,钛粗精矿的产率及 TiO₂ 回收率呈下降趋势, TiO₂ 品位呈上升趋势。当硫酸用量超过 2 000 g/t 后,钛粗精矿

TiO₂ 回收率下降较多。综合考虑,选择硫酸用量为 2 000 g/t。

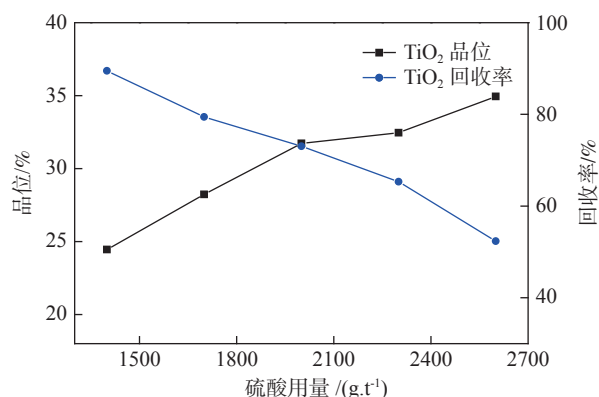


图12 硫酸用量试验结果

Fig. 12 Test results of sulfuric acid dosage

4) 草酸用量试验

为强化矿物之间的表面性质差异,通过添加效果好、高选择性作用的调整剂来实现,在钛铁矿浮选中除用硫酸调整 pH 值外,常用硅酸钠、草酸等抑制硅酸盐矿物,试验采用脱硫—粗选的浮选流程,确定草酸用量,试验结果如图13所示。

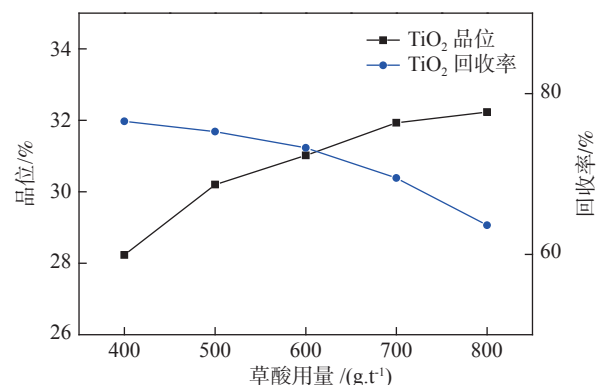


图13 草酸用量试验结果

Fig. 13 Test results of oxalic acid dosage

随着草酸用量的增加,钛粗精矿的产率及 TiO₂ 回收率呈下降趋势, TiO₂ 品位呈上升趋势。当草酸用量超过 600 g/t 后,尾矿 TiO₂ 含量相对较高,权衡粗精矿 TiO₂ 品位和回收率,草酸用量以 600 g/t 为宜。

5) 硅酸钠用量试验

试验采用脱硫—粗选的浮选流程,确定硅酸钠用量,试验结果如图14所示。

由图14试验结果可知,随着硅酸钠用量的增加,钛粗精矿 TiO₂ 回收率呈上升趋势, TiO₂ 品位呈下降趋势。综合考虑,硅酸钠用量以 2 000 g/t 为宜。

6) 纤维素用量试验

在浮选钛精选条件的基础上,采用硫酸作为调

整剂, 可以获得较高品位的钛精矿, 但是回收率较低, 为了进一步的考察药剂选择的合理性, 对试验进行探索, 考察回收率的上升空间。在闭路试验中, 发现随着中矿不断返回, 一部分细泥不断循环累计, 对浮选效果造成了较大影响, 考虑在粗选添加纤维素 (CMC), 希望提高粗选精矿 TiO_2 含量, 降低细泥的上浮量, 试验结果如图 15 所示。

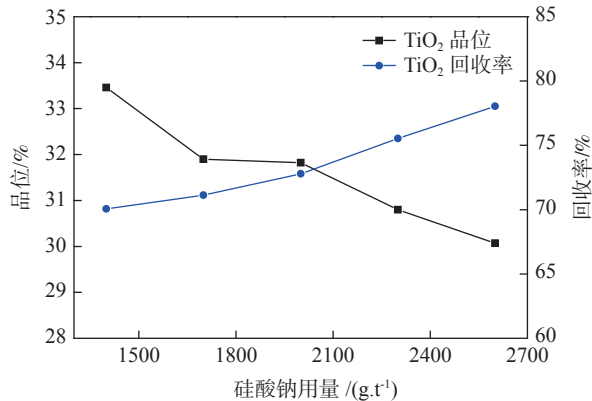


图 14 硅酸钠用量试验结果

Fig. 14 Test results of sodium metasilicate dosage

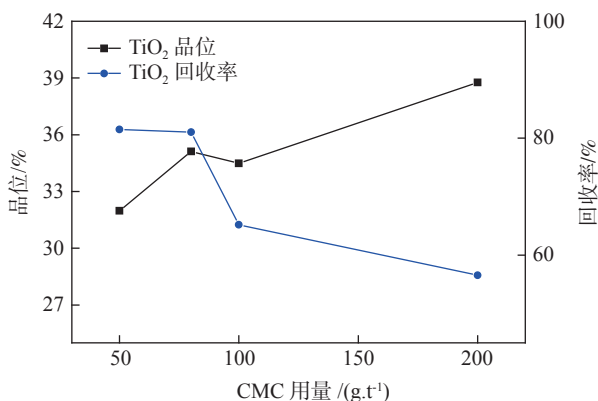


图 15 纤维素用量试验结果

Fig. 15 Test results of cellulose dosage

试验结果表明, 添加一定的纤维素, 粗精矿 TiO_2 品位大幅提高, 从试验现象也可以看出, 添加纤维素后, 泡沫清爽, 含泥量降低, 同时, 纤维素的用量不宜过大, 综合考虑粗精矿 TiO_2 的品位和回收率, 选择 CMC 用量 80 g/t。

7) 闭路试验研究

在条件试验的基础上, 开展了开路试验探索研究, 最终确定了脱硫——粗二扫五次精选的工艺流程, 并针对入浮物料样品进行了闭路试验研究, 流程及条件如图 16 所示。试验结果表明, 入浮物料通过闭路浮选可获得浮选作业产率 25.60%、 TiO_2 品位 48.02%、作业回收率 75.62% 钛精矿产品。

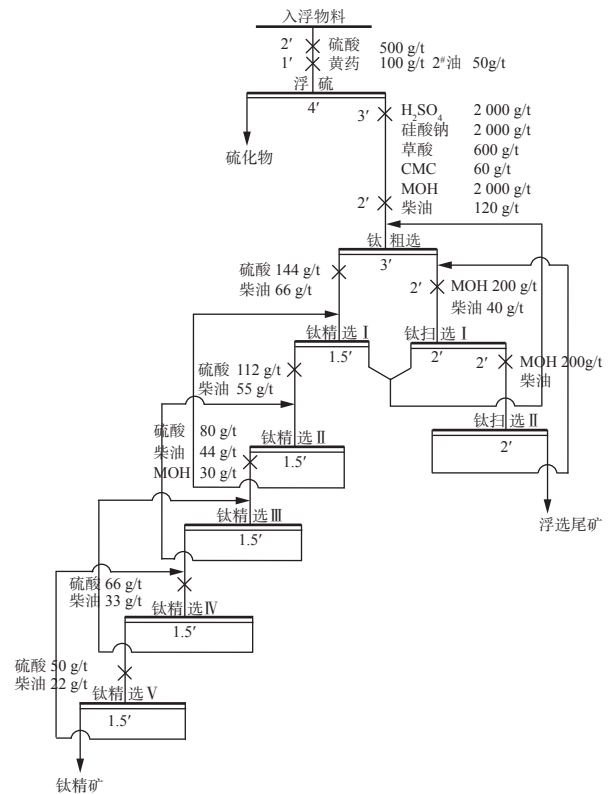


图 16 浮选选钛闭路试验流程及条件

Fig. 16 Closed circuit test flow and conditions for titanium flotation

3 结论

1) 研究原矿矿石金属矿物含量不高, TFe 品位 17.40%、 TiO_2 7.78%, 属于低品位钒钛磁铁矿。铁、钛物相分析显示, 磁性铁占全铁的 56.79%, 钛铁矿中 TiO_2 占总量的 55.48%, 这是铁钛回收的主要矿物赋存形式。矿石中主要金属矿物为钛磁铁矿、钛铁矿, 主要脉石矿物为普通辉石、普通角闪石、云母等。钛磁铁矿和钛铁矿的矿物含量分别为 18.39% 和 7.90%, 脉石类约占 73.51%。

2) 采用阶段磨选工艺流程进行磁选选铁, 可获得 TFe 品位为 57.08%、 TiO_2 含量为 10.91%, TFe 回收率 53.24% 的铁精矿产品。

3) 对选铁尾矿进行强磁预富集可获得产率 23.35%、 TiO_2 品位 16.30%, 回收率 50.22% 的钛铁矿入浮物料产品。浮选选钛调整剂采用硫酸和草酸、硅酸钠、纤维素配合, 以 MOH 作为浮钛捕收剂并配合柴油, 以脱硫——粗二扫五次精选的工艺流程获得 TiO_2 品位 48.02%、 TiO_2 浮选作业回收率为 75.62% 的钛精矿产品。

针对新疆某低品位钒钛磁铁矿, 本研究根据其矿石性质, 开发了原矿破碎—一阶磨阶选回收铁—强

磁预富集+浮选回收钛的铁、钛综合回收技术工艺 磁铁矿的铁、钛资源回收提供了技术参考。
流程,获得了较好的试验指标,为该地区低品位钒钛

参考文献

- [1] Zhang Jianting, Chen Bi. Occurrence state and recycling of main elements of Panxi vanadium titanium magnetite[J]. Mineral Protection and Utilization, 2008, (5): 38–41.
(张建廷, 陈碧. 攀西钒钛磁铁矿主要元素赋存状态及回收利用[J]. 矿产保护与利用, 2008, (5): 38–41.)
- [2] Yu Hongdong, Wang Lina, Qu Jinghui, *et al.* Process mineralogy characteristics and ore value of typical vanadium titanium magnetite in China[J]. Journal of Northeast University (Natural Science Edition), 2020, 41(2): 275–281.
(于宏东, 王丽娜, 曲景奎, 等. 中国典型钒钛磁铁矿的工艺矿物学特征与矿石价值[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2020, 41(2): 275–281.)
- [3] Chen Chao, Zhang Yushu, Li Xiaoyu, *et al.* Research progress of titanium magnetite beneficiation technology[J]. Mineral Comprehensive Utilization, 2021, (3): 99–105.
(陈超, 张裕书, 李潇雨, 等. 钛磁铁矿选矿技术研究进展[J]. 矿产综合利用, 2021, (3): 99–105.)
- [4] Yang Yaohui, Xu Longhua, Deng Jian. Influence of particle size on flotation separation of ilmenite, olivine, and pyroxene[J]. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 2021, 57(5): 106–117.
- [5] Ou Yang, Sun Yongsheng, Yu Jianwen, *et al.* Research status and development trend of processing and 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.)
- [6] Zeng Xiaobo, Zhang Yuan, Xiong Wenliang, *et al.* Experimental study on beneficiation of a low-grade vanadium titanium magnetite[J]. Comprehensive Utilization of Mineral Resources, 2017, (3): 67–70.
(曾小波, 张渊, 熊文良, 等. 某低品位钒钛磁铁矿选矿试验研究[J]. 矿产综合利用, 2017, (3): 67–70.)
- [7] Deng Jian, Yang Yaohui, Wang Hongbin, *et al.* Experimental study on optimization of flotation reagents for ilmenite in an iron dressing tailings in Panxi[J]. Iron Steel Vanadium Titanium, 2022, 43(3): 77–83.
(邓建, 杨耀辉, 王洪彬, 等. 攀西某选铁尾矿中钛铁矿浮选药剂优化试验研究[J]. 钢铁钒钛, 2022, 43(3): 77–83.)
- [8] Wang Xun, Han Yuexin, Li Yanjun, *et al.* Research status of comprehensive utilization of vanadium titanium magnetite[J]. Metal Mines, 2019, (6): 33–37.
(王勋, 韩跃新, 李艳军, 等. 钒钛磁铁矿综合利用研究现状[J]. 金属矿山, 2019, (6): 33–37.)
- [9] Yang Yaohui, Xu Longhua, Liu Yachuan, *et al.* Flotation separation of ilmenite from titanite using mixed collectors[J]. Separation Science and Technology, 2016, 51: 1840–1846.
- [10] Yang Yaohui, Hui Bo, Yan Weiping, *et al.* Research on process mineralogy of Panxi fine ilmenite[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020, (3): 131–135.
(杨耀辉, 惠博, 严伟平, 等. 攀西微细粒钛铁矿工艺矿物学研究[J]. 矿产综合利用, 2020, (3): 131–135.)
- [11] Feng Youquan. Discussion on comprehensive development and utilization scheme of an ultra poor vanadium titanium magnetite in Xinjiang[J]. Mining Engineering, 2021, 19(1): 36–38.
(冯友全. 新疆某超贫钒钛磁铁矿综合开发利用方案探讨[J]. 矿业工程, 2021, 19(1): 36–38.)
- [12] Ma Donglin, Gong Weijun, Li Guangtao. Prospects for comprehensive development and utilization of low-grade vanadium titanium magnetite resources in Xinjiang[J]. China Metal Bulletin, 2021, (16): 79–80.
(马东林, 巩伟军, 李广涛. 新疆低品位钒钛磁铁矿资源综合开发利用的前景[J]. 中国金属通报, 2021, (16): 79–80.)

编辑 杨冬梅

攀钢实现 0.1 mm 厚宽幅钛合金箔材工业化制备

(2023 年 9 月 7 日消息) 近日, 攀钢研究院钛金属技术研究所承担的国家重点研发计划项目《钛合金箔材复合熔炼与无锻造直轧短流程制备技术》取得重大进展。依托攀钢鸿舰公司自主设计开发的 B750-20 辊窄钛带轧机, 成功实现了 500 mm 宽幅、0.1 mm 厚度规格的专用 Ti10-PG 钛合金箔材的精密轧制。

该项目组针对前期轧制生产过程中出现的问题, 制订了详细的优化工艺方案, 成功生产出了表面质量优异、高尺寸精度的 Ti10-PG 钛合金箔材, 标志着攀钢集团已具备氢燃料电池极板专用钛合金箔材的全工序自主生产能力, 为攀钢钛产品进入新能源领域奠定了坚实的基础。

摘自 <https://www.cnmm.com.cn/ShowNews1.aspx?id=446865>