

4. Jelic, A. Predicting bike sharing demand with machine learning, Tilburg University. – 2021.

Киеу Бак Тхуан (Вьетнам)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Карелин Владимир Александрович,
д-р техн. наук., профессор

ПРОЦЕССЫ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ В ПЕРЕРАБОТКЕ ИЛЬМЕНитОВЫХ РУД ИЗ ВЬЕТНАМА

Свойства титана и его соединений достаточно исключительные, например высокая прочность в соотношении к массе, коррозионная стойкость, тугоплавкость, и т. д. Потребление губчатого титана в 2021 г. уже превысило 200 тыс. т и прогнозируется достигать 250 тыс. т в следующих 5 лет [1-3].

Запасы титана (большинство в виде ильменита) во Вьетнаме составляет около 1,6 млн. т., находящегося вдоль побережья Среднего и сосредоточивающегося в районах провинции Ха Тинь, Куангчи и Биньдинь [4]. Содержание TiO_2 в ильмените составляет ~22 %. Один из ключевых процессов переработки титановых руд – процесс обогащения. При обогащении ильменитовых руд применяют комбинированные методы, включающие гравитацию, флотацию, магнитную и электрическую сепарацию и химические или гидрометаллургические процессы.

Объект исследований является ильменитовой рудой месторождения Ха Тинь (Вьетнам), химический и гранулометрический составы которой представлены в таблице

Таблица 1

Составы ильменитовой руды месторождения Ха Тинь (Вьетнам)

№	Элемент	Содержание, %
1	Кремний (Si)	4,52
2	Титан (Ti)	20,66
3	Ванадий (V)	0,044
4	Железо (Fe)	15,62
5	Цирконий (Zr)	9,23
6	Ниобий (Nb)	0,11
7	Церий (Ce)	0,18
8	Гафний (Hf)	0,17

Электростатическая сепарация воздействует на естественные свойства проводимости между минералами в корме. Разделение происходит на полезные составляющие руды, неэкономические загрязнители и пустую породу. Общими блоками являются пластинчатый высоковольтный и экранный электростатический сепаратор. Электростатические пластинчатые сепараторы работают, пропуская поток частиц через заряженный анод.

Электростатическую сепарацию делят на три основные группы: контактную (электрическим трением - возникновение зарядов при нарушении контакта тел); индукционную; с ионной бомбардировкой (использование коронного электрода, подобно применяемому в электрофильтрах) [5].

При проведении исследований с использованием метода электростатической сепарации (рис. 1) установлено, что при увеличении напряжения между электродами сепаратора с 25 до 35 кВ изменяется распределение основных компонентов титановых минералов (оксидов титана и железа) в 10-ти ячейках сепаратора. Результаты показывают, что Ti и Fe в основном распределяются в ячейках с 1 по 5 в зависимости от напряжения между электродами сепаратора. Распределение этих компонентов не изменилось при достижении напряжения 30 кВ и более. Таким образом, чтобы процесс разделения происходил эффективно, напряжение, подаваемое на электростатический сепаратор, должно быть не менее 30 кВ.

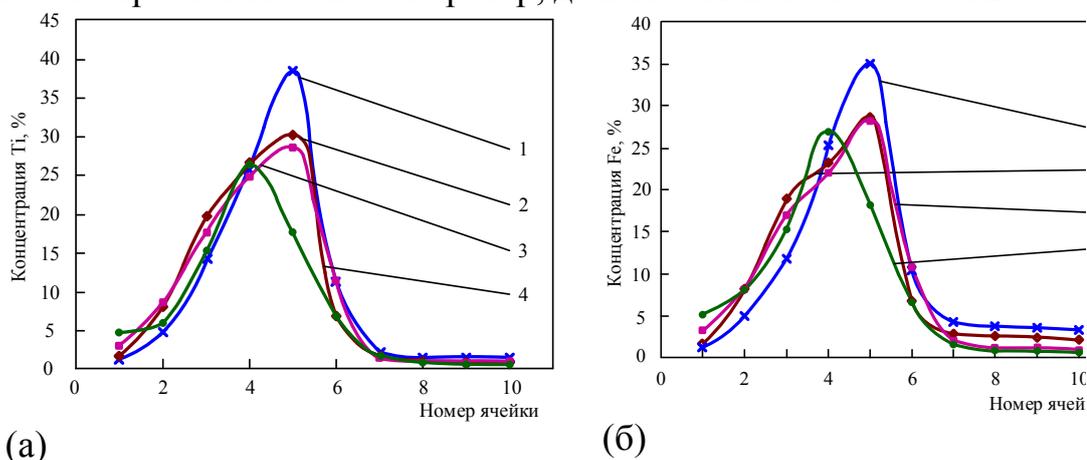


Рис. 1. Зависимость изменения концентрации титана (а) и железа (б) в продукте в ячейках сепаратора от напряжения на электродах. Напряжение между электродами сепаратора: 1 – 25 кВ; 2 – 27,5 кВ; 3 – 30 кВ; 4 – 35 кВ

Поведение основных примесей ильменитового концентрата – кремния, циркония и алюминия в процессе обогащения методом электростатической сепарации показано на рис. 2. Установлено, что с увеличением

напряжения между электродами сепаратора с 25 до 35 кВ область выделения оксидов кремния и циркония (рис. 2 а, б) смещается от 4-6 ячеек к 8-10 ячейкам. Это позволяет отделить эти оксиды от целевых титановых минералов – ильменита и рутила.

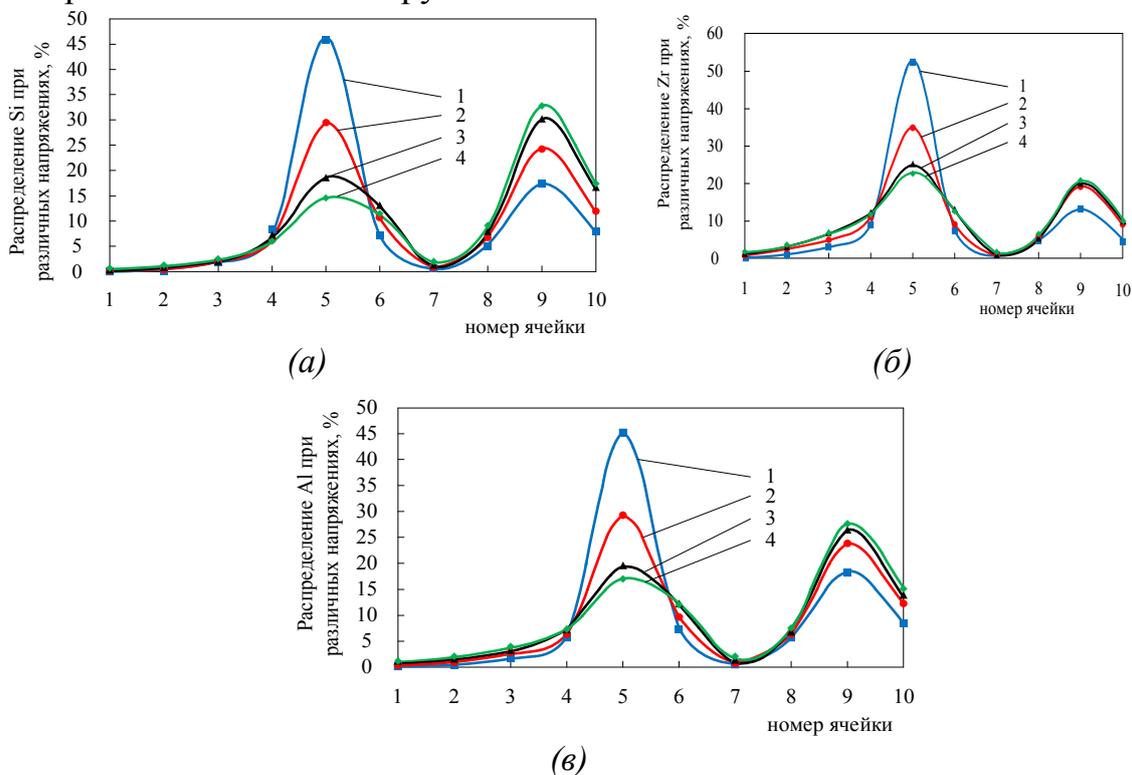


Рис. 2. Зависимость изменения концентрации кремния (а), циркония (б) и алюминия (в) в продукте в ячейках сепаратора от напряжения на электродах. Напряжение между электродами сепаратора: 1 – 25 кВ; 2 – 27,5 кВ; 3 – 30 кВ; 4 – 35 кВ

Отделить оксид алюминия от целевых титановых минералов гораздо сложнее. При увеличении напряжения между электродами сепаратора с 25 до 30 кВ Al_2O_3 , по-прежнему, выделяется вместе с основными минералами в 4–6 ячейках сепаратора. Только при увеличении напряжения до 35 кВ пик выделения Al_2O_3 смещается к 8-10 ячейкам (рис. 2 в).

Таким образом с учетом поведения основных компонентов примесей титановых минералов для их отделения от ильменита и рутила необходимо поддерживать напряжение между электродами сепаратора не менее 35 кВ. Дальнейшее увеличение концентрации титана в целевой фракции необходимо проводить методом магнитной сепарации, позволяющим отделить обладающий магнетизмом ильменит от немагнитного рутила.

Заключение

При значении напряжения 25 кВ полученная магнитная часть имеет высокое содержание титана, но она концентрируется с 4-ой по 6-ую ячейку. При увеличении напряжения доля титана уменьшается, но делится поровну на предыдущих ячейках. Остальная немагнитная часть находится с 7-ой по 10-ую ячейку. Результаты показывают, что Ti и Fe в основном распределяются в ячейках с 1-ой по 4-ую в зависимости от напряжения между электродами сепаратора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ле Ш.Х., Киеу Б.Т., Карелин В.А., Жерин И.И., Смороков А.А., Карелина Н.В. Особенности обогащения вьетнамских ильменитовых руд методом магнитной сепарации // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 4, с.41-48.
2. Ле Ш.Х., Киеу Б.Т., Карелин В.А., Жерин И.И., Карелина Н.В., Смороков А.А. Применение процесса флотации для обогащения ильменитовых руд из Вьетнама // Бутлеровские сообщения. 2021. Т.67. №8
3. Titanium alloy market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022 - 2027) // URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/titanium-alloy-market> (дата обращения: 15.03.2022).
4. Garside M. Reserves of titanium minerals worldwide in 2020, by country [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/1233845/reserves-titanium-minerals-worldwide-by-country/> (дата обращения: 15.03.2022).
5. В. Г. Айнштейн [и др.] Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – Книга 1 – 888 с.

Ле Чунг Зунг (Вьетнам)

Московский политехнический университет, г. Москва

Научный руководитель: Филиппов Юлиан Кириллович, д-р техн. наук, проф.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫДАВЛИВАНИЯ ДЕТАЛИ С ФЛАНЦЕМ «СТУПИЦА»

Исследованию подвергается комбинированный процесс выдавливания полой полусферической детали с фланцем типа «ступица». Прово-