

УДК 541.13: 621.357

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ СТАДИЯ ПЕРЕРАБОТКИ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

И. М. ЖАРСКИЙ, С. Е. ОРЕХОВА, И. И. КУРИЛО, Е. В. КРЫШИЛОВИЧ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Комплексная переработка промышленных отходов, содержащих ценные компоненты, широко реализуется во всем мире, вопросы, связанные с ней, актуальны и для ряда предприятий Республики Беларусь. Одним из приоритетных направлений в этой области является разработка высокоэффективных технологий переработки металлосодержащих промышленных отходов, в том числе отработанных ванадиевых катализаторов (ОВК) сернокислотного производства и ванадийсодержащих шламов газомазутных ТЭС.

Анализ элементного состава ванадийсодержащих промышленных отходов, образующихся на предприятиях Республики Беларусь, показал, что содержание ванадия в них в пересчете на  $V_2O_5$  в среднем составляет: 7–10 % в ОВК, и 1,5–15 % в шламах ТЭС.

В результате проведенных исследований, установлена перспективность использования гидрометаллургических методов для утилизации и переработки ванадийсодержащих промышленных отходов. Схема переработки включает: стадию измельчения ОВК; стадию первичного водного выщелачивания; стадию восстановительного выщелачивания в водных растворах, содержащих восстановители; термогидролитическое осаждение  $V_2O_5$  из растворов выщелачивания. Предложенная схема позволяет извлекать до 98 масс.% ванадийсодержащих соединений в пересчете на  $V_2O_5$ .

Целью данной работы является изучение возможности использования электрохимических методов для увеличения степени извлечения ванадийсодержащих компонентов и интенсификации стадий гидрометаллургического способа переработки ОВК, включающих окислительно-восстановительные процессы.

Исследования модельных кислых электролитов, содержащих соединения ванадия в различных степенях окисления, а также электролитов первичного и восстановительного выщелачивания ОВК показали, что на анодной ветви поляризационной кривой в области потенциалов (–250)–200 мВ наблюдаются пики анодного тока. Эти пики можно объяснить процессом десорбции водорода, а также окислением соединений ванадия (III–IV) до соединений ванадия (V). Процесс активного выделения кислорода протекает при потенциалах положительнее 1200 мВ.

При анодной поляризации в растворах, содержащих восстановители, на поляризационных анодных кривых в интервале потенциалов 500–1100 мВ, наряду с процессом выделения кислорода, наблюдается процесс окисления ионов восстановителей. На катодной ветви поляризационной кривой в области потенциалов 1150, 350 и (–250) мВ можно выделить три пика, соответствующих процессам стадийного восстановления ванадат-аниона. Процесс активного выделения водорода протекает при потенциалах отрицательнее (–800) мВ.

Анализ результатов исследования показал, что использование электрохимического метода позволяет оптимизировать процесс переработки ОВК на стадии проведения восстановительного выщелачивания, а также анодного выделения ванадийсодержащих компонентов из растворов выщелачивания.

Катодная поляризация ОВК ( $i = 1–5 \text{ А/дм}^2$ ) в течение 1 часа в процессе первичного выщелачивания позволяет совместить стадии водного и восстановительного выщелачивания. При этом скорость процесса растворения увеличивается в 9 раз по сравнению со скоростью выщелачивания соединений ванадия в водных растворах, при этом степень извлечения ванадийсодержащих соединений составляет около 95 %, общая потеря массы ОВК – более 60 % от массы исходной навески. В процессе электрохимической обработки растворов выщелачивания ОВК в прикатодной области формируется осадок, содержащий около 40 % ванадия.

Процесс анодного окисления компонентов раствора катодного выщелачивания проводили в электролизере с донным графитовым анодом при плотностях тока 1 и 5 А/дм<sup>2</sup>. При анодной плотности тока 5 А/дм<sup>2</sup> максимальное содержание соединений ванадия (V) в растворе достигается после одного часа анодной поляризации. Дальнейшее увеличение времени электролиза приводит к интенсификации процессов гидролиза и образованию в прианодной области осадка, содержащего около 85 масс.% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. В процессе термогидролиза электролитов, окисленных методом электролиза, из растворов выщелачивания извлекается до 98 масс.% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Таким образом, использование электрохимических методов в процессе комплексной переработки ОВК позволяет достичь: совмещения стадий первичного и восстановительного выщелачивания; увеличения степени извлечения ванадийсодержащих компонентов; катодного восстановления ванадийсодержащих компонентов из рабочих электролитов непосредственно в процессе выщелачивания; электрохимического окисления предгидролизных растворов; анодного выделения V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> из растворов выщелачивания ОВК.

Использование электрохимического метода позволяет выделить ванадийсодержащие компоненты с высоким содержанием V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, отвечающим требованиям ТУ на данный реагент.