

## ФЕРРАТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ\*

Соединения шестивалентного железа в виде солей железной кислоты ( $\text{Me}_x\text{FeO}_4$ ) известны давно. К настоящему времени синтезировано около двух десятков этих соединений. Из них только ферраты калия, натрия, рубидия, цезия, стронция и бария получены в чистом кристаллическом состоянии, остальные известны в растворах или выделены из них в твердом состоянии, но со значительными примесями.

В последние годы новые ферратные технологии привлекают внимание большого числа специалистов и находят свое применение в процессах очистки воды. Ферраты шестивалентного железа характеризуются сильными окислительными и стерилизующими свойствами

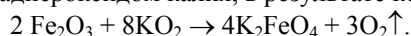
[1, 2]. Несмотря на то что эти соединения давно описаны в литературе и их свойства подробно изучались, промышленное внедрение методов их использования сдерживается из-за отсутствия приемлемых для производства способов их получения.

Описанные в литературе способы получения этих веществ [3 – 7] либо связаны с большими энергозатратами (электролиз), либо с применением опасных и ядовитых веществ, таких, как хлор или метиловый спирт.

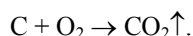
Результаты наших работ подтверждают возможность синтеза феррата калия ( $\text{K}_2\text{FeO}_4$ ) методом высокотемпературного самораспространяющегося синтеза с высоким содержанием основного вещества [8].

Для получения целевого продукта готовят шихту, для чего в определенном соотношении смешивают исходные компоненты – оксид железа (III), технический надпероксид калия и горючее. Полученную таким образом смесь помещают в реактор и уплотняют механическим способом.

Взаимодействие исходных компонентов инициируют локальным разогревом шихты до температуры порядка 600 °С, что может быть осуществлено за счет внешнего тепла, например, разогретой спирали, либо воздействием на шихту пиротехнического состава термитного типа (пусковая таблетка). После инициирования в начальный момент протекает эндотермическая реакция между оксидом железа (III) и надпероксидом калия, в результате которой образуется феррат калия и кислород:



Часть образующегося кислорода вступает во взаимодействие с горючим с образованием соответствующего оксида:



При этом выделяющаяся тепловая энергия способствует дальнейшему протеканию основной эндотермической реакции. Горючее при этом сгорает полностью без образования твердого остатка. Полученный продукт охлаждают и размалывают в порошок.

Для осуществления процесса получения феррата калия разработана специальная конструкция реактора и определены оптимальные технологические параметры подготовки исходных компонентов, и дана практическая оценка особенностей протекания процесса синтеза. Для оценки качества полученного продукта разработана методика определения содержания основного вещества, основанная на взаимодействии раствора серной кислоты с ферратом калия.

Исследования продукта методом РФА (рис. 1) и методом химического анализа дали совпадающие результаты и свидетельствуют о том, что содержание основного вещества в полученных образцах достигает 80 % масс.

Отсутствие на дифрактограмме дифракционного максимума при угле скольжения  $2\theta$ , равном  $2,69^\circ$  свидетельствует о полном переходе в условиях эксперимента  $\text{Fe}^{3+}$  в  $\text{Fe}^{6+}$ .

Методом фотоколориметрии исследовано влияние полученного феррата калия на растворы, содержащие соли тяжелых металлов. Установлено, что введение одного грамма  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  в 100 мл раствора  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  с концентрацией 20,3645 г/л приводит к понижению концентрации ионов  $\text{Ni}^{2+}$  в растворе на 55 %.

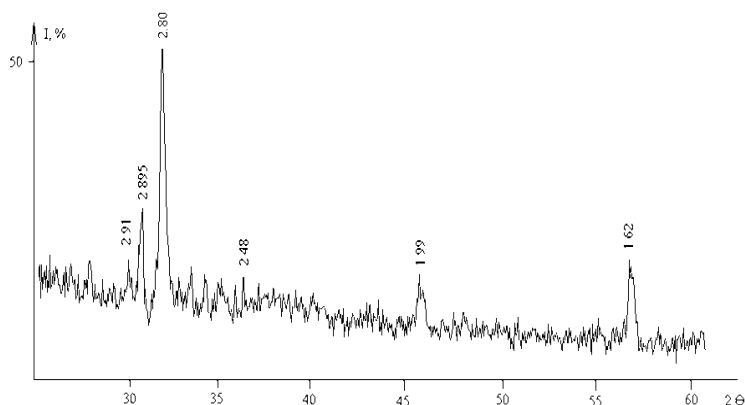


Рис. 1. Дифрактограмма образца синтезированного  $\text{K}_2\text{FeO}_4$

Собрана установка для определения способности ферратов поглощать вредные вещества из воздуха при прохождении его через динамическую трубку. Установка состоит из компрессора, двух расходомеров, смесителя и термостат-увлажнителя. Контроль влажности и температуры осуществляется психрометром. Газовоздушная смесь (ГВС) с заданными параметрами поступает в динамическую трубку. Анализ концентраций кислорода и вредных веществ в ГВС осуществляют газоанализаторами. Допускается проводить испытания на установках с большим числом динамических трубок.

Ведутся работы с ферратом натрия, на способ получения которого подана заявка на предполагаемое изобретение [9].

\* Работа выполнена под руководством канд. тех. наук М.А. Ульяновой и д-ра техн. наук, проф. С.И. Дворецкого.

К возможным областям применения ферратов можно отнести очистку бытовых и промышленных стоков, питьевой воды артезианских скважин от тяжелых металлов, бактерий, вирусов, солей железа; окисление сероводорода, присутствующего в качестве примеси в отходах бумажных и текстильных заводов, химических фабрик; окисление цианидов, присутствующих в отбросах заводов по переработке стали и железа; окисление тиоцианатов, широко используемых в промышленности при разделении металлов, электроникелировании, в фотопроизводстве; окисление тиомочевины, применяемой в текстильной промышленности, и т.д.

В области ферратной технологии профилирующим считаем изучение поведения ферратов в почве с целью ее очистки от пестицидов, гербицидов и вредных бактерий, очистки водоемов от нефтепродуктов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Очистка сточных вод / П. Армоэс, М. Хенце, Й. Лякурянсен, Э. Арван ; под ред. С.В. Калюжного. – М. : Мир, 2004. – С. 20 – 60.
2. Ступин, Д.Ю. Удаление Ni(II) из водных растворов в присутствии ЭДТА ферратом (VI) натрия / Д.Ю. Ступин, М.И. Озерной // Журнал прикладной химии. – 2004. – № 8. – С. 1327 – 1330.
3. Кокаровцева, И.Г. Кислородные соединения железа (VI, V, IV) / И.Г. Кокаровцева, И.Н. Беляев, Л.В. Семенякова // Успехи химии. – 1972. – Т. 41. – С. 1978 – 1993.
4. Пат. 4405573 США, НКИ 423/150.1. Process for preparing potassium ferrate / J. Paul, L. Ronald. – 1981.
5. Пат. 4545974 США, НКИ 423/594.2. Process for producing alkali metal ferrates utilizing hematite and magnetite / J.A. Thompson. – 1985.
6. Пат. 4551326 США, НКИ 423/594.2. Process for producing alkali metal ferrates / J.A. Thompson. – 1983.
7. Получение ферратов (VI) щелочных металлов / Ю.М. Киселев, Н.С. Копелев, Н.А. Завьялова и др. // Журнал неорганической химии. – 1989. – № 9. – С. 2199 – 2202.
8. Заявка 2006109693 Российская Федерация, МПК COIG 49/02. Способ получения феррата калия / В.П. Андреев, М.А. Ульянова, Ю.А. Ферапонтов, Н.А. Шелковникова ; заявл. 27.03.06. – 7 с.
9. Заявка 2007130581 Российская Федерация, МПК COIG 49/00. Способ получения феррата натрия / В.П. Андреев, Ю.Б. Рылов, М.А. Ульянова, Ю.А. Ферапонтов ; заявл. 09.08.07. – 7 с.

*Кафедра «Технологическое оборудование и пищевые технологии»*