

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2022.i1.01>

Synthesis of sodium ferrite and differential thermal analysis of charge for its production

Ye.I. Kuldeyev¹, S.S. Temirova^{1*}, M.N. Kvyatkovskaya¹, I.G. Busygin²

¹Institute of Metallurgy and Beneficiation, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Gubkinsky Engineering and Technology Center, Orenburg, Russia

*Corresponding author: stemirova@mail.ru

Abstract. The article presents a review of scientific works related to the research of methods intended to obtain iron-containing reagents, and their properties for the dissolved hydrogen sulfide neutralization in wastewater. It is summarized that sodium ferrite can be one of the perspective reagents for hydrogen sulfide removal. The desulfurization process efficiency depends on the $\text{Fe}(\text{OH})_3$ activity formed during sodium ferrite hydrolysis. The sodium ferrite synthesis with the help of thermal interaction of iron oxide with soda as well as sintering of iron sands (alumina production waste) with soda is described herein. The X-ray diffraction analysis results for the products obtained showed that sodium ferrite monophase was formed at 900°C and exposure time of 1 h, whereas the compound $\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$ that is an isomorphous mixture of ferrite and sodium aluminate was formed under optimal process parameters - 1000°C and exposure time of 1 h, when the reactive iron oxide was replaced with ferrous sands. The phase transformation of the furnace charge consisting of iron sands and soda was studied with the use of differential thermal analysis, and the formation of the $\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$ compound was established. A complex iron-containing coagulant for tests intended to treat wastewater from hydrogen sulfide was obtained with the use of sodium ferrite.

Keywords: wastewater, hydrogen sulfide removal, iron sands, sodium ferrite, X-ray phase analysis, differential thermal analysis.

1. Введение

В настоящее время отмечается устойчивая тенденция к повышению сульфатов в природных источниках воды, что приводит к соответствующему росту концентрации сульфатов и сульфидов в сточных водах.

Существуют различные методы и технологии нейтрализации растворенного сероводорода: физико-химические, химические и биологические.

Автором [1] предлагается следующая классификация методов удаления из воды сероводорода (сульфидов) (рисунок 1). Согласно этой классификации, физико-химические методы удаления сероводорода из воды основаны на выделении из воды молекулярного сероводорода физическими воздействиями без каких-либо химических реагентов. Воздействие заключается в переводе сероводорода из водной системы в газовую фазу при соответствующих условиях, в числе которых: создание большой поверхности раздела фаз (вариант пленочной дегазации), повышение температуры воды (термическая деаэрация), либо понижение давления до уровня, при котором вода закипает без дополнительного подогрева (вакуумная дегазация).

В водах с $\text{pH} > 8.5$ сероводород преимущественно находится в виде сульфида и гидросульфида и для перевода его в молекулярную форму H_2S для последующей дегазации необходимо подкисление воды до $\text{pH} 5$ и ниже. Негативный фактор физических методов - выбросы сероводорода в атмосферу, предельно допустимая концентра-

ция которого в воздухе населенных мест составляет 0.008 мг/м^3 .

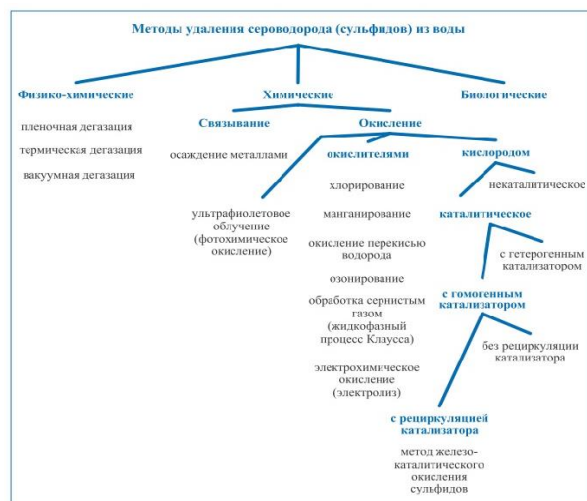


Рисунок 1. Классификация методов удаления сероводорода из воды

Химические (реагентные) методы выделения сероводорода и его последующей утилизации в виде серосодержащих осадков основаны на окислении сульфидов до элементарной серы реагентами-окислителями (кислород, озон, перекись водорода, хлор, диоксид хлора, гипохлорит натрия, хлорная известь, йод, диоксид марганца, перман-

ганат калия) с последующим извлечением ее из воды отстаиванием, фильтрованием, флотацией или другими методами). Все представленные реагенты требуют большого удельного расхода, многие из них – особых мер безопасности при их хранении и использовании. Способы химического осаждения сероводорода основаны на его свойстве образовывать с большинством металлов нерастворимые в воде сульфиды. Образующиеся осадки подлежат либо захоронению, либо переработке. В промышленных масштабах данный метод реализуется путем обработки воды железосодержащими коагулянтами, в результате чего образуется нерастворимый в воде сульфид железа, осаждаемый в специальных отстойниках.

Основные недостатки при использовании реагентов-окислителей связаны со вторичным загрязнением водных растворов соединениями марганца, хлоридами и пероксидами, которые оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду.

Более перспективными решениями по очистке высококонцентрированных сульфидсодержащих вод представляются методы, основанные на связывании сероводорода в нерастворимый сульфид металла. Образующийся сульфид железа отделяют от воды отстаиванием и регенерируют продувкой воздухом.

В исследовании [2] предлагается новый аэрируемый биофильтр на основе шлама квасцов для удаления H_2S в сточных водах. Был разработан новый аэрируемый биофильтр с вертикальным потоком (Al-OAF) на основе шлама квасцов, предназначенный для удаления загрязняющих веществ из сточных вод и одновременного удаления H_2S , образующегося на очистных сооружениях. Результаты показали, что три колонки показали высокую эффективность удаления ($> 98\%$) общего фосфора и полное удаление H_2S (100%) в Al-OAF. Механизм удаления H_2S заключается в способности квасцового шлама адсорбировать H_2S и реакции биопленки в биофильтре.

Исследовано удаление сульфидов химическим осаждением из сточных вод нефтеперерабатывающих заводов [3]. Пробы сточных вод были взяты из притока пруда флокуляции на очистных сооружениях нефтеперерабатывающего завода в Турции (TÜPRAŞ Kırıkkale). Проведена физико-химическая обработка промышленных стоков с использованием обычных коагулянтов $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ и $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ и щелочных реагентов $Ca(OH)_2$ и $CaCO_3$, которые применялись как к неочищенным сточным водам, так и к модельным сточным водам, с добавлением сульфидов. Эффективность удаления сульфидов и химического потребления кислорода (ХПК) Fe^{3+} ионов для сточных вод с добавлением сульфидов, имеющих различные значения pH, варьировалось от 62-95 до 45-75%, соответственно. Кроме того, эффективность удаления сульфида ($96-99\%$) и ХПК ($50-80\%$) была достигнута при использовании ионов Fe^{2+} вместе с $Ca(OH)_2$ в качестве щелочного реагента (вспомогательного осадителя) в тех же условиях.

Проведены исследования по удалению иона S^{2-} из растворов алюмината натрия ферритом натрия [4]. Исследованы синтез феррита натрия и его поведение в растворах алюмината натрия, содержащих S^{2-} . Термодинамический анализ показал, что самая низкая температура для синтеза феррита натрия обжигом смеси оксида железа и карбоната натрия составляет около 810 К, процесс образования феррита натрия может быть завершен при 1173 К в течение

60 минут, при этом размер частиц Na_2CO_3 влияет на скорость образования феррита натрия. Феррит натрия является эффективным десульфуратором для удаления ионов S^{2-} в растворе алюмината, скорость обессеривания может достигать примерно 70% в течение 60 минут при мольном соотношении железа к сере 1:1-1.5:1. Кроме того, обессеривание достигается за счет $NaFeS_2 \cdot 2H_2O$, осаждение которого происходит в результате реакции $Fe(OH)_3$ и S^{2-} в растворе алюмината. Эффективность обессеривания зависит от активности $Fe(OH)_3$, образующегося при гидролизе феррита натрия.

Авторами работ [5,6] синтезирован реагент «Фернел», содержащий ферраты щелочных металлов и щелочь. Основными компонентами реагента являются феррат калия K_2FeO_4 (25.2-40.3 масс. %) и щелочь KOH (47.2-68.1 масс. %). Установлено, что высокая окислительная способность реагента связана с наличием феррата, а высокая адсорбирующая способность – образованием высокодисперсного осадка гидроксида железа (III).

Таким образом, анализ научно-технической литературы позволяет сделать следующие выводы. Соединения железа оцениваются как одни из наиболее эффективных в нейтрализации сероводорода. Скорость и полнота процесса адсорбции растворенного сероводорода соединениями железа в значительной степени определяется формой нахождения гидроксидов железа в водных растворах. Наибольшей реакционной способностью обладают коллоидные соединения, которые могут быть получены гидролизом из различных кислотных соединений железа. В то же время актуальным остается поиск более экономичных способов получения активных форм гидроксидов железа.

2. Материалы и методы

Для получения опытного феррита натрия готовили шихту из смеси оксида железа и карбоната натрия в стехиометрических соотношениях. Шихту тщательно смешивали и перетирали в фарфоровой ступке, затем прессовали на прессе Metallkraft WWP 50 М при удельном давлении 30 мПа (300 кгс/см²). Полученные таблетки помещали в алундовый тигель и нагревали в муфельной печи при 800 и 900°C в течение 60 минут.

Смесь железистых песков с содой, взятых в эквивалентных количествах с учетом содержания оксида железа в техногенном сырье, подвергали совместному измельчению, затем исходную шихту смачивали водой и прессовали на прессе прессе Metallkraft WWP. Процесс спекания проводили в муфельной печи при 900 и 1000°C и длительности процесса 1 и 2 ч.

Рентгенофазовый анализ полученного продукта проведен на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с CuK_{α} - излучением, β -фильтр. Условия съемки дифрактограмм: ускоряющее напряжение U - 35 кВ; ток анода I - 20 мА; съемка θ -2 θ ; детектор 2 град/мин.

Рентгенофазовый анализ на полуколичественной основе выполнен по дифрактограммам порошковых проб с применением метода равных навесок и искусственных смесей. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз.

Термический анализ пробы - шихты, состоящей из железистых песков и соды (величина навески 200 мг) - был осуществлен с использованием прибора синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter. Перед нагревом

печное пространство откачивалось (уровень достигаемого вакуума ~ 92%) и затем продувалось инертным газом в течение 5 мин. Нагрев осуществлялся со скоростью 15°C/мин. В атмосфере высокоочищенного аргона. Охлаждение велось со скоростью 20°C/мин. Общий объем поступающего газа выдерживался в пределах 80-100 мл/мин. Обработка результатов, полученных с помощью STA 449 F3 Jupiter, производилась посредством программного обеспечения NETZSCH Proteus.

3. Результаты и обсуждение

Интерпретация дифрактограмм полученного образца – продукта спекания смеси Fe_2O_3 и Na_2CO_3 при 900°C проводилась с использованием данных картотеки ICDD: база порошковых дифрактометрических данных PDF2 (Powder Diffraction File) и дифрактограмм чистых от примесей минералов (таблицы 1 и 2). Идентификация возможных примесей не может быть однозначной из-за малых содержаний, отсутствия данных химического состава или плохой окристаллизованности.

Таблица 1. Межплоскостные расстояния и фазовый состав образца

d, Å	I %	фаза
4.41203	67.7	NaFeO_2
4.27534	73.6	NaFeO_2
3.00832	75.3	NaFeO_2
2.81889	67.5	NaFeO_2
2.68027	85.7	NaFeO_2
2.62475	100.0	NaFeO_2
2.49550	54.1	NaFeO_2
2.00266	53.8	NaFeO_2
1.66518	50.4	NaFeO_2

Все приведенные дифракционные пики принадлежат соединению NaFeO_2 . Отмечены характерные дифракционные рефлексы, позволяющие провести идентификацию присутствующих фаз (таблица 2, рисунок 2).

Таблица 2. Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа продукта взаимодействия оксида железа с содой

Минерал	Формула	Концентрация, %
Феррит натрия	NaFeO_2	100

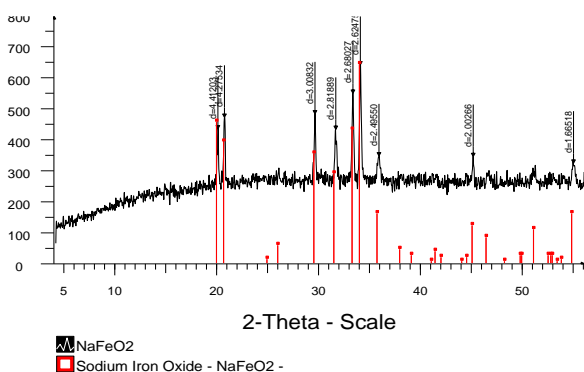


Рисунок 2. Дифрактограмма продукта спекания шихты $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ при 900°C

Таким образом, рентгенофазовый анализ образца синтезированного продукта выявил присутствие одной фазы - NaFeO_2 .

Проведен также синтез феррита натрия на основе железистых песков и соды. Железистые пески представляют собой отход глиноземного производства с высоким содержанием оксида железа - 50.12%. В связи с этим была исследована возможность замены реактивного оксида железа на доступный сырьевой источник - железистые пески.

Рентгенофазовый анализ пробы железистых песков показал присутствие соединений железа в форме гематита - оксида трехвалентного железа, магнетита – оксидов двух- и трехвалентного железа, сребродольскита, содержание которых в пробе суммарно составляет 55.62%. В пробе также обнаружены следующие фазы: силикат натрия-алюминия, оксиды кальция, кремния, алюминия, перовскит, кристобалит.

Рентгенофазовым анализом продукта спекания железистых песков с содой при температурах 900 и 1000°C установлено образование соединения $\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$, представляющего собой изоморфную смесь феррита и алюмината натрия. Содержание $\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$ в полученном продукте составляет около 40% (таблицы 3 и 4).

Из анализа рентгенограмм следует, что при обеих температурах фаза $\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$ является доминирующей: в продукте, полученном при 900°C, ее содержание составляет 34.4%, при 1000°C - 37.8%. Фазовый состав полученных продуктов близок. Отличие состоит в присутствии силицида железа в первом случае и наличии фазы $\text{Fe}(\text{Fe}_{1.904}\text{Ti}_{0.096})\text{O}_4$, представляющей собой твердый раствор титана в гематите, во втором.

Таблица 3. Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа продукта взаимодействия железистых песков с содой при 900°C

№	Наименование соединения	Формула	Содержание, %
1	Феррит-алюминат натрия	$\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$	34.4
2	Силикат натрия-кальция	$\text{Na}_2\text{CaSiO}_4$	31.6
3	Ферросиликат натрия	$\text{Na}_{0.925}(\text{Fe}_{0.925}\text{Si}_{0.075})\text{O}_2$	22.0
4	Силикат кальция	Ca_2SiO_4	7.2
5	Силицид железа	$(\text{Fe}_{2.603}\text{Si})_{1.11}$	4.8

Таблица 4. Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа продукта взаимодействия железистых песков с содой при 1000°C

№	Наименование соединения	Формула	Содержание, %
1	Феррит-алюминат натрия	$\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$	37.8
2	Силикальцит натрия	$\text{Na}_2\text{CaSiO}_4$	36.3
3	Ферросиликат натрия	$\text{Na}_{0.925}(\text{Fe}_{0.925}\text{Si}_{0.075})\text{O}_2$	17.8
4	Силикат кальция	Ca_2SiO_4	5.9
5	Титановый магнетит	$\text{Fe}(\text{Fe}_{1.904}\text{Ti}_{0.096})\text{O}_4$	2.2

Дифференциально-термический анализ шихты, состоящей из железистых песков и соды. С применением дифференциально-термического анализа (ДТА) исследованы фазовые превращения шихты, состоящей из железистых песков и соды (рисунок 3).

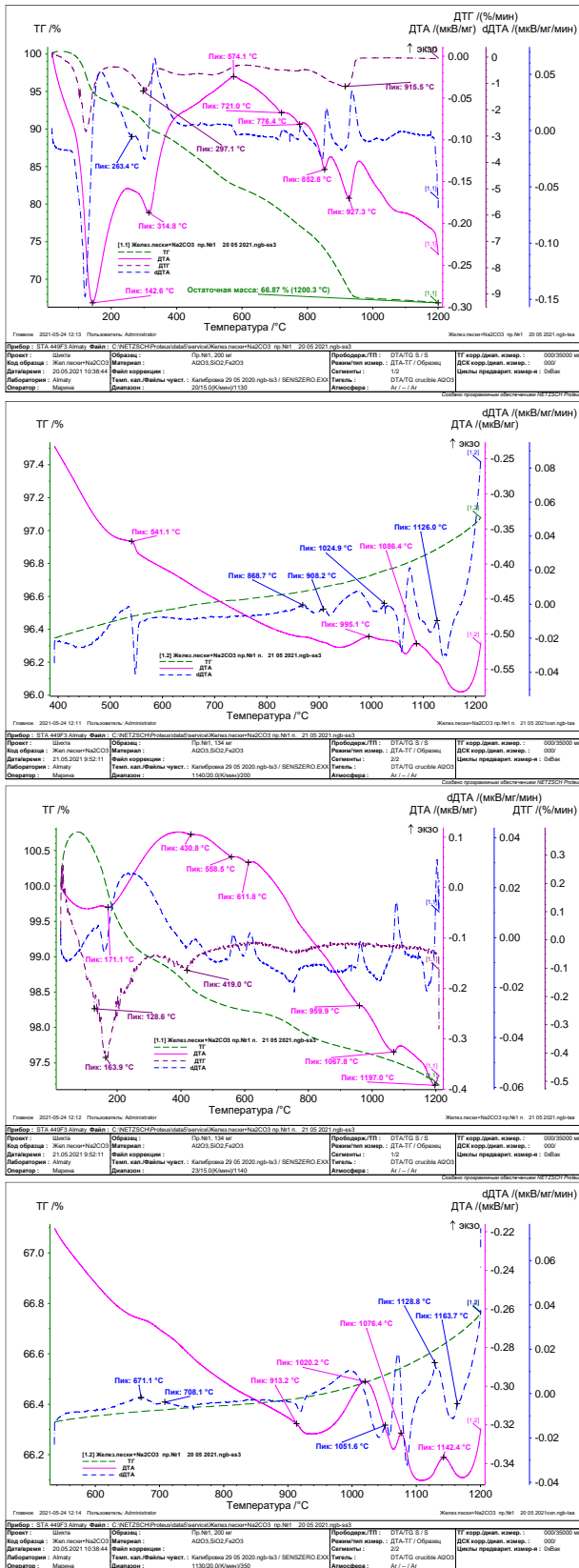


Рисунок 3. Результаты дифференциально-термического анализа шихты, состоящей из железистых песков и соды

На кривой ДТА проявились эндотермические эффекты различной интенсивности с максимальным развитием при 142.6°C, 314.8°C, 721°C, 776.4°C, 852.8°C, 927.3°C. Также следует отметить экзотермический эффект с пиком при 574.1°C. На кривой dDTA зафиксирован дополнительный эндотермический эффект с экстремумом при

263.4°C, что указывает на проявление полиморфного превращения кристобалита. На кривой ДТГ присутствуют минимумы при 297.1°C и 915.5°C.

Интенсивный эндотермический эффект с максимальным развитием при 314.8°C, сопровождающийся снижением массы навески, можно интерпретировать как проявление гидроксида железа. Этот же эффект, в наложение, может быть связан с дегидратацией натролита – $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}]\text{H}_2\text{O}$. Экзотермический пик при 574.1°C, вероятно, является проявлением процесса окисления двухвалентного железа в магнетите остаточным кислородом.

Слабые эндотермические эффекты в области температур 700-800°C могут быть отнесены на счет примесей сульфатов. Эндотермический эффект с экстремумом при 852.8°C является проявлением процесса плавления соды. Согласно [7] в области развития этого эффекта возможно образование $\beta\text{-Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$. Последний эндотермический эффект (927.3°C) сопровождается снижением массы навески. Вероятно, в этой температурной области осуществляются сложные процессы взаимодействия компонентов пробы, сопровождающиеся плавлением. Потеря массы пробы может быть связана с возгонкой соды.

На кривой ДТА, полученной в ходе охлаждения пробы, зафиксированы экзотермические эффекты с пиками при 1142.4°C, 1076.4°C, 1020.2°C и 913.2°C. На кривой dDTA проявились экзотермические эффекты с экстремумами при 1163.7°C, 1128.8°C, 1051.6°C, 708.1°C и 671.1°C. С проявлением феррита натрия можно связать пик при 1020.2°C на кривой ДТА [7]. При 1142.4°C также, предположительно, может кристаллизоваться $2\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{CaO}\cdot 3\text{SiO}_2$. Пик при 1128.8°C на кривой dDTA, возможно, отражает кристаллизацию эвтектики системы $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ [7]. Экстремум при 708.1°C на кривой dDTA может быть проявлением смеси феррита и алюмината натрия: $60\% \text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 + 40\% \text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ [2].

Для получения дополнительной информации, проба повторно подверглась нагреву со скоростью 15°C/мин. В атмосфере высокоочищенного аргона. Учитывая потери массы при первом нагреве, во втором измерении масса навески составила 0.134 г.

На всем протяжении нагрева наблюдалось снижение масса навески. Возможно, это связано с возгонкой соды. Не исключено также, что в ходе первого нагрева в решетки компонентов пробы внедрился CO_2 и, кроме того, при охлаждении проба частично адсорбировала влагу воздуха. Выделение адсорбированных продуктов могло вызвать снижение массы навески. Переход $\beta\text{-Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \gamma\text{-Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, который имел место при 1010°C, не проявился. По-видимому, сочетание минимума при 128.6°C на кривой ДТГ и эндотермического эффекта с экстремумом при 959.9°C на кривой ДТА может быть объяснено наличием в пробе гидроферрита натрия [7]. Эндотермические эффекты с экстремумами при 067.8°C и 1197°C могут отражать поэтапное плавление пробы.

На кривых ДТА и dDTA, полученных в ходе охлаждения пробы, можно отметить несколько пиков. Так, пик 541.1°C, вероятно, отражает наличие изоморфной смеси феррита и алюмината натрия состава: $20\% \text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 + 80\% \text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$. Пик при 868.7°C (dDTA) может быть проявлением $80\% \text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 + 20\% \text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$. Пик при 913.2°C на кривой ДТА может быть проявлением $80\% \text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 + 20\% \text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$.

кривой ДТА можно интерпретировать как проявление полиморфного превращения NaFeO_2 .

В [7] указывается на образование в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ соединения $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2$, плавящегося инкогруэнтно при $988 \pm 5^\circ\text{C}$. Возможно, пик 908.2°C на кривой dDTA отражает кристаллизацию одной из фаз, на которые распалась вышеназванная фаза в ходе инкогруэнтного плавления.

Для наработки опытной партии комплексного коагулянта для удаления сероводорода в сточных водах использовали природный материал - железистый диатомит, соли железа и синтезированный феррит натрия.

4. Выводы

Синтезирован феррит натрия на основе оксида железа и соды, рентгенофазовым анализом идентифицирована монофаза NaFeO_2 . При спекании железистых песков (отхода глиноземного производства) с содой установлено образование соединения $\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$ - изоморфной смеси феррита и алюмината натрия. С применением дифференциально-термического анализа исследованы фазовые превращения шихты, состоящей из железистых песков и соды. Эндотермический эффект при 852.8°C указывает на образование $\beta\text{-Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$. На кривой ДТА пик при 708.1°C отражает формирование изоморфной смеси феррита и алюмината натрия $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки РК (Грант № AP08855852).

Литература / References

- [1] Fesenko, L.N. (2004). Nauchnoe obosnovanie, razrabotka tekhnologii ochistki i dal'nejshego ispol'zovaniya vod, soderzhashchih jod, brom, serovodorod (doctoral dissertation). Moskva
- [2] Baiming Ren, Nathalie Lyczko, Yaqian Zhao, Ange Nzihou. (2021). Simultaneous hydrogen sulfide removal and wastewater purification in a novel alum sludge-based odor-gas aerated biofilter. *Chemical Engineering Journal*, 419, 129558. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129558>
- [3] Levent Altaş, Hanife Büyükgüngör. (2008). Sulfide removal in petroleum refinery wastewater by chemical precipitation. *Journal of Hazardous Materials*, 1-2(153), 462-469. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.08.076>
- [4] Xiao-bin Li, Fei Niu, Jie Tan, Gui-hua Liu, Tian-gui Qi, Zhi-hong Peng, Qiu-sheng Zhou. (2016). Removal of S^{2-} ion from sodium aluminate solutions with sodium ferrite. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 5(26), 1419-1424. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(16\)64246-2](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(16)64246-2)
- [5] Orekhova, A.I., Halemskij, A.M., Sherstobitova, T.M., Kogan, B.S., Ivanov, A.V. (2014). Reagent-okislitel' marki Fernel dlya obezvrezhivaniya i ochistki vodnyh rastvorov. *Izvestiya VUZov. Himiya i himicheskaya tekhnologiya*, 3(57), 128-131
- [6] Orekhova, A.I., Halemskij, A.M., Vovnova, T.M., Kogan, B.S., Ivanov, V.I. (2011). Rentgenofazovoe i derivatograficheskoe issledovaniya reagenta Fernel. *Theory and Technology of Metallurgical Production*, (11), 138-140
- [7] Pashkevich, L.A., Bronevoj, V.A., Kraus, I.P. (1983). Termografiya produktov glinozemnogo proizvodstva. Moskva: Metallurgiya

Натрий ферритінің синтезі және оны өндіруге арналған шихтаның дифференциалды термиялық талдауы

Е.И. Көлдеев¹, С.С. Темирова^{1*}, М.Н. Квятковская¹, И.Г. Бусыгин²

¹Металлургия және кең байыту институты, Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Губкин инженерлік-техникалық орталығы, Орынбор, Ресей

*Корреспонденция үшін автор: stemirova@mail.ru

Аңдатпа. Мақалада ағынды сулардағы еріген күкіртсутекті бейтараптандыруға арналған, құрамында темір бар реагенттерді алу әдістері мен қасиеттерін зерттеуге байланысты ғылыми еңбектерге жүргізілген шолу берілген. Күкіртсутекті кетіруге арналған перспективті реагенттердің бірі ретінде натрий ферриті болуы мүмкін деген қорытынды жасалады. Күкіртеіздендіру процесінің тиімділігі натрий ферритінің гидролизі кезінде түзілетін $\text{Fe}(\text{OH})_3$ белсенділігіне байланысты болады. Темір тотығының содамен термиялық өзара әрекеттесуі кезіндегі, сондай-ақ темір құмдарын (сазбалшық өндірісінің қалдықтары) содамен біріктіру кезіндегі натрий ферритінің синтезі сипатталған. Алынған өнімдердің рентгендік фазалық талдауының нәтижелері 900°C температурада және 1 сағат ұстау кезінде натрий ферритінің монофазасы қалыптасатынын, реактивті темір оксидін темір құмымен алмастырған кезде процестің оңтайлы параметрлері - 1000°C температурада және 1 сағат ұстау барысында - феррит пен натрий алюминатының изоморфты қоспасы болып табылатын $\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$ қосылысы түзілетінін көрсетті. Дифференциалды-термиялық талдауды қолдана отырып, темір құмы мен содадан тұратын шикіқұрамның фазалық түрленулері зерттеліп, $\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$ қосылысының түзілетіні анықталды. Натрий ферритін пайдалану арқылы ағынды суларды күкіртсутектен тазарту бойынша тестілік сынақтар үшін құрамында темір бар кешенді коагулянт алынды.

Негізгі сөздер: ағынды сулар, күкіртті сутекті жою, темір құмдары, натрий ферриті, рентгендік фазалық талдау, дифференциалды термиялық талдау.

Синтез феррита натрия и дифференциально-термический анализ шихты для его получения

Е.И. Кульдеев¹, С.С. Темирова^{1*}, М.Н. Квятковская¹, И.Г. Бусыгин²

¹Институт металлургии и обогащения, Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Губкинский инженерно-технический центр, Оренбург, Россия

*Автор для корреспонденции: stemirova@mail.ru

Аннотация. В статье представлен обзор научных работ, связанных с исследованиями способов получения и свойств железосодержащих реагентов для нейтрализации растворенного сероводорода в сточных водах. Резюмируется, что в качестве одного из перспективных реагентов для удаления сероводорода может быть феррит натрия. Эффективность процесса обессеривания зависит от активности $\text{Fe}(\text{OH})_3$, образующегося при гидролизе феррита натрия. Описан синтез феррита натрия при термическом взаимодействии оксида железа с содой, а также при спекании железистых песков (отхода глиноземного производства) с содой. Результаты рентгенофазового анализа полученных продуктов показали, что при температуре 900°C и выдержке 1 ч формируется монофаза феррита натрия, при замене реактивного оксида железа на железистые пески при оптимальных параметрах процесса - температуре 1000°C и выдержке 1 ч - образуется соединение $\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$, представляющее собой изоморфную смесь феррита и алюмината натрия. С применением дифференциально-термического анализа исследованы фазовые превращения шихты, состоящей из железистых песков и соды, установлено формирование соединения $\text{Na}(\text{Fe}_{0.75}\text{Al}_{0.25})\text{O}_2$. С использованием феррита натрия получен комплексный железосодержащий коагулянт для тестовых испытаний по очистке сточных вод от сероводорода.

Ключевые слова: сточные воды, удаление сероводорода, железистые пески, феррит натрия, рентгенофазовый анализ, дифференциально-термический анализ.