

Рис. 3. Структура золы после сжигания при температуре 850 °С (а - поверхность золы огрубела из-за перегрева; б - головка диоксида кремния отлипала; в - поры полученного угля сузились)

Из вышесказанных исследований можно сделать вывод о том, что из рисовой шелухи можно получить и активированный уголь, и диоксид кремния. Режим сжигание играет важную роль в производстве активированного угля из рисовой шелухи, чтобы получить активированный уголь с хорошей активностью температура сжигания должна быть меньше 850 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Taik Nam Kim, Nguyen Van Tu, Nguyen Ngoc Minh. Исследование и производство активированного угля из рисовой шелухи во Вьетнаме // Журнал наука & Техника металлов. -2011. -№ 38. – С. 21–24.
2. Сапрыкина Л.В., Киселева Н.В. Состояние и перспективы термической переработки рисовой шелухи // Журнал химия древесины. - 1990. - № 6. – С. 3–7.
3. Земнухова Л.А. Отходы производства риса – рисовая солома и шелуха – прибыльное, но невостребованное сырьё для промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://trud-ost.ru/?p=114491>. – 28.12.2011.

КИНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИНТЕЗА ЛИТИЙ-ЦИНКОВОГО ФЕРРИТА

Е.В. Николаев, Е.Н. Лысенко

Научный руководитель: зам. директора по научной работе ИНК, д.ф-м.н. А.П. Суржиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: nikolaev0712@sibmail.com

KINETIC ANALYSIS OF THE SYNTHESIS OF LITHIUM-ZINC FERRITE

E.V. Nikolaev, E.N. Lysenko

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A. P. Surzhikov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: nikolaev0712@sibmail.com

The main goal of our research is to find a kinetic model with minimal adjustable parameters quantitatively describe the kinetics of the synthesis reaction of lithium- zinc ferrite. This formal kinetic model can be used to predict the course of the reaction in either of heating profiles. The obtained data are very valuable for the

control and optimization of processes, which is an important issue for further use in the synthesis of the results of radiation-thermal experiments. As a result of mathematical processing of the TG curves for the lithium-zinc ferrite was selected kinetic model of synthesis and calculated kinetic parameters investigated ferrite.

Исследование кинетических закономерностей синтеза преследует решение двух основных задач: первая – экспериментальное определение степени или скорости превращения в зависимости от условий осуществления реакций и математическое описание найденной зависимости;

Вторая – оценка кинетических параметров реакции и их интерпретация в связи с природой происходящих процессов [1].

Математическая обработка кинетических данных может выполняться двумя способами:

Нахождением уравнения, наилучшим образом описывающего эксперимент, параметры которого не имеют конкретного физического смысла;

Использованием кинетических уравнений, основанных на определенных моделях взаимодействия твердых тел. Параметры этих уравнений связаны с природой происходящих процессов.

Основной кинетического анализа реакции синтеза является уравнение (1):

$$de/dt = -U(t, T, e, p), \quad (1)$$

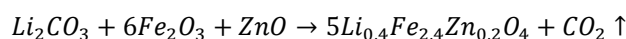
где t – время; T – температура; e – концентрация исходного вещества; p – концентрация продукта.

В техническом аспекте, кинетический анализ является средством сокращения данных. Из результатов измерений с большим количеством экспериментальных точек будет извлечена информация в виде одной модели с несколькими параметрами. В данной работе путем кинетического анализа синтеза литий-цинкового феррита была получена кинетическая модель описывающая кинетику процесса синтеза данного феррита. Также были получены кинетические параметры, количественно описывающие кинетику процесса синтеза. Для моделирования процессов синтеза литий-цинкового феррита использовали программное обеспечение для расчета кинетических параметров «NETZSCH Thermokinetics».

В нашей работе образцы с массой ~ 30 мг помещали в тигли из оксида алюминия, затем нагревали до 800 °С с запрограммированной скоростью нагрева 2,5; 5; 10 и 40 °С/мин. Термогравиметрические и калориметрические ТГ/ДСК измерения реагентов осуществлялись с помощью термического анализатора STA 449C Jupiter фирмы Netzsch (Германия). Все эксперименты по неизотермическому синтезу проводили при атмосферном давлении. Скорость потока газа поддерживали на уровне 20 мл/мин.

Для анализа ТГ данных были использованы пакеты лицензионного программного обеспечения «The Netzsch Proteus» и «Thermokinetics». Результаты эксперимента получены с помощью моделирования аппроксимацией нелинейной регрессии [2].

ТГ/ДСК кривые для скорости нагрева 40 °С/мин представлены на рисунке 1. Для всех остальных скоростей нагрева в качественном исполнении кривые имели аналогичный вид. Образцы показывают уменьшение по массе, соответствующее теоретическому значению выхода CO_2 по формуле:



В общем, на ТГ кривых можно четко различить три основных стадии, температурные диапазоны которых зависят от скорости нагрева. Первая стадия протекает до температуры 400 °С, второй стадии соответствует температурный диапазон примерно 400-550 °С, после которого протекает третья стадия химической реакции неизотермического синтеза.

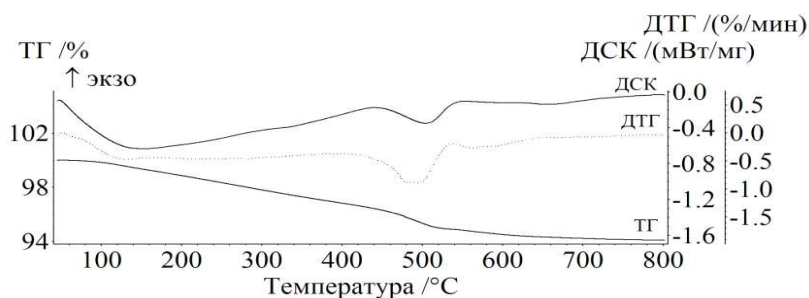


Рис.1. ТГ/ДСК кривые при синтезе литиевого феррита

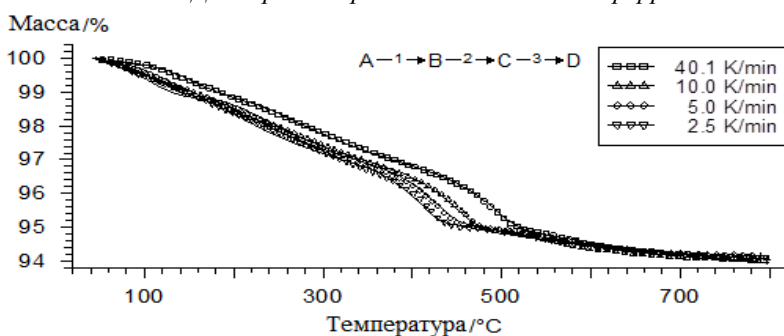


Рис. 2. Результаты моделирования. Символы – экспериментальные точки, линии – расчетные кривые

использовании на первом этапе диффузионной модели по Яндеру, на втором и третьем этапе реакции *n* порядка. Результаты анализа нелинейной регрессии приведены на рисунке 2 и суммируются в таблице 1.

Результаты показали, что значение энергии активации на первом этапе имеет низкое значение, что хорошо согласуется литературными источниками для диффузионно-контролируемых реакций. Затем

Таблица 1. Значения основных параметров результата моделирования

№	Параметр	Оптимальные значения	Отклонение
1	$\lg A1/s^{-1}$	5,5	0,28
2	$E1/(кДж/моль)$	66,6	2
3	$\lg A2/s^{-1}$	6,5	0,26
4	$E2/(кДж/моль)$	87,2	2,4
5	$n2$	11,3	0,33
6	$\lg A3/s^{-1}$	7,2	0,21
7	$E3/(кДж/моль)$	131,5	2,9
8	$n3$	0,67	0,08

энергия активации возрастает и достигает значений 131,5 кДж/моль. Данное значение близко к ранее полученным результатам по энергиям активации синтеза для литиевого феррита $LiFeO_2$ со значением 111 кДж/моль и для цинкового феррита $ZnFe_2O_4$ со значением 138 кДж/моль [4]. Несмотря на то, что физика процессов на второй и третьей стадии остается невыясненной (использование модели *n* порядка), значения кинетических параметров с успехом можно использовать для дальнейшего прогнозирования синтеза ферритов в изотермических условиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания «Наука».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Летюк Л.М., Журавлев Г.И. Химия и технология ферритов. – Л.: Химия, 1983. – 256 с.
2. Surzhikov A., Lysenko E.N., Vlasov V.A., Vasendina E.A. Influence of solid-phase ferritization method on phase composition of lithium-zinc ferrites with various concentration of zinc // Journal of Thermal Analysis

Очевидно, что механизм реакции синтеза литиевого феррита является сложным и изменяется в ходе реакции [2]. Следовательно, многоступенчатая модель используется для описания кинетики реакции [3]. Математическую обработку полученных в работе ТГ кривых производили по нескольким кинетическим моделям: модель Яндера, Авраама-Ерофеева, Гинстлинга-Бронштейна и др. Наилучшее моделирование показали результаты при

and Calorimetry. – 2012. – V. 109. – № 1. – С. 63–67.

3. Opffermann J. // J. Therm. Anal Calorim. – 2000. – V. 60. – P. 641.

4. Поваров В.Г., Бляндур Э.П. Кинетика процесса образования феррита в системе $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ // Кинетика и катализ. 1999. – Т. 40. – № 4. – С. 520–524.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ИНГИБИТОРОВ КИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ СТАЛИ НА ОСНОВЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДНЫХ ТИОМОЧЕВИНЫ

А.Е. Никулина, Л.Е. Одышева, В.С. Мальков

Научный руководитель: ст.н.с, к.х.н. В.С. Мальков

Лаборатория каталитических исследований ТГУ, Россия, г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 49, 634028

E-mail: Anya_5N@mail.ru

DEVELOPMENT OF NEW STEEL ACID CORROSION INHIBITOR BASED ON CYCLIC THIOUREA DERIVATIVES

A.E. Nikulina, L.E. Odysheva V.S. Malkov

Scientific supervisor: Ph. D., as. pr. V.S. Malkov

Laboratory of catalytic research TSU, 49, Arkadiy Ivanov street, 634028 Tomsk, Russia

E-mail: Anya_5N@mail.ru

The paper considers the problem of acid corrosion inhibition of industrial steel equipment. To solve the problem cyclic derivative glyoxal and thiourea, namely, 4,5-digidroksimidazolidine-2-thione (DGIT), was used as acid corrosion inhibitor. The optimized synthesis of the compound, resulting in 70% yield and 98% purity, was developed. The extent of steel protection was 93% at a DGIT concentration of 0.5%wt. in solution. Using volumetric method for corrosion studies it was found that the ability of DGIT to inhibit steel does not decrease over time.

Кислотная коррозия металлов и сплавов наносит серьезный ущерб промышленному оборудованию, на ремонт которого ежегодно расходуются миллионы рублей [1]. По этой причине необходима разработка эффективных методов защиты металлов и сплавов. Экономичным и эффективным средством уменьшения коррозии является применение ингибиторов. Недостатком современных ингибиторов является их сравнительная дороговизна, узкий спектр применения и недостаточная степень защиты металлов от кислотной коррозии в нефтяной и машиностроительной отраслях промышленности, при очистки металлического оборудования и в других сферах производства. Наиболее эффективные ингибиторы представляют собой многокомпонентную смесь, что осложняет технологию их получения и увеличивает стоимость, а соединения, входящие в состав, могут представлять опасность для окружающей среды. В связи с этим необходим поиск и разработка новых экологически безопасных и экономически доступных веществ в качестве ингибиторов кислотной коррозии металлов [2].

Особую группу таких соединений составляют полифункциональные ингибиторы, содержащие в своем составе несколько различных гетероатомов, среди которых наиболее известна тиомочевина. При малых концентрациях (менее 0,5% мас.) степень её защиты составляет 92%, однако, тиомочевина в кислых