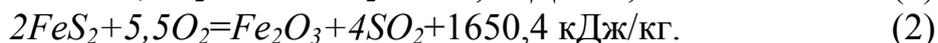
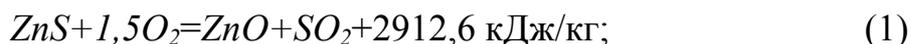


ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТЫ СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКОГО РЕАГИРОВАНИЯ ЦИНКОВОГО КОНЦЕНТРАТА С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА NETZSCH 449С

Ивакина С.А., Муц В.А.
УрФУ, svetlana-ivakina@mail.ru

С целью повышения эффективности печи кипящего слоя для обжига цинковых концентратов экспериментальным путем были определены кинетические константы горения шихты, а именно: энергия активации E_a , предэкспоненциальный множитель k_0 , а также константа скорости химического реагирования k . Обжиг шихты необходим для максимального перевода сульфидов металлов в их оксиды для более полного извлечения цинка и других полезных компонентов.

Источником получения цинка является рудное сырье, которое обычно находится в сульфидном состоянии, а цинк представлен преимущественно сфалеритом ZnS и пиритом FeS_2 . При его обжиге происходят экзотермические реакции:



Были проведены 3 изотермических эксперимента при температурах 700, 800 и 900 °С на приборе синхронного термического анализа NETZSCH 449С, совмещенного с масс-спектрометрической системой, предназначенной для качественного и количественного анализа компонентов газовой смеси. Схема лабораторной установки представлена на рис. 1.

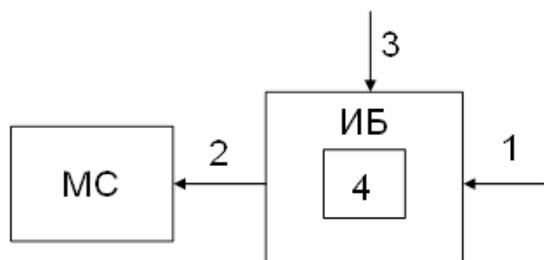


Рис. 1. Схема лабораторной установки:
1 – продувочный газ (аргон или воздух);
2 – продукты сгорания;
3 – защитный газ (аргон); 4 – шихта;
МС – масс-спектрометр;
ИБ – измерительный блок

В тигель помещали навеску массой 15 мг. Нагрев образца, помещенного в печь, происходил со скоростью 25 К/мин в среде аргона. В данный период наблюдалась убыль массы в пределах 5 % за счет возможного реагирования с остаточным кислородом в инертном газе и объеме печи. На втором сегменте температурной программы после достижения изотермических условий проводилось переключение газа-реагента на воздух. Непрерывно измерялась масса навески и относительная концентрация газовых компонентов. Реакции (1) и (2) идут с уменьшением массы твердого вещества, которое в зависимости от состава

ва исходной шихты колеблется в диапазоне от 11 % до 17 %. Убыль массы навески в зависимости от времени при $t=900\text{ }^{\circ}\text{C}$ представлена на рис. 2.

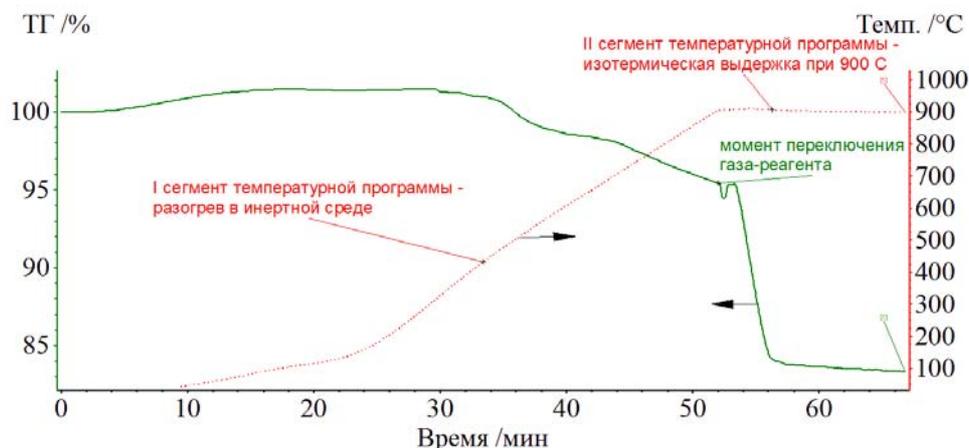


Рис. 2. Термогравиметрическая кривая убыли массы навески при взаимодействии с кислородом воздуха ($t = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$)

При температурах 800 и 900 °C наблюдалась высокая скорость реакций окисления, а при более низкой температуре – 700 °C скорость падала в два раза за счет протекания других реакций.

Константу скорости химического реагирования определяли по формуле:

$$k = \frac{\xi}{\nu} \cdot \frac{m_0 \cdot d(m/m_0)}{C_{O_2} \cdot f \cdot d\tau} \quad (3)$$

Здесь $\frac{d(m/m_0)}{d\tau}$ – убыль массы навески со временем, определяемая экспериментально, 1/с; m_0 – начальная масса частицы шихты, кг; C_{O_2} – концентрация кислорода в дутье, кг/м³; f – начальная площадь поверхности частицы, м²; ν_i , ξ_i – стехиометрические коэффициенты; k – эффективная константа скорости химического реагирования, м/с.

Выполнив соответствующие расчеты, построена зависимость логарифма константы скорости окисления цинкового концентрата от обратной температуры (рис. 3).

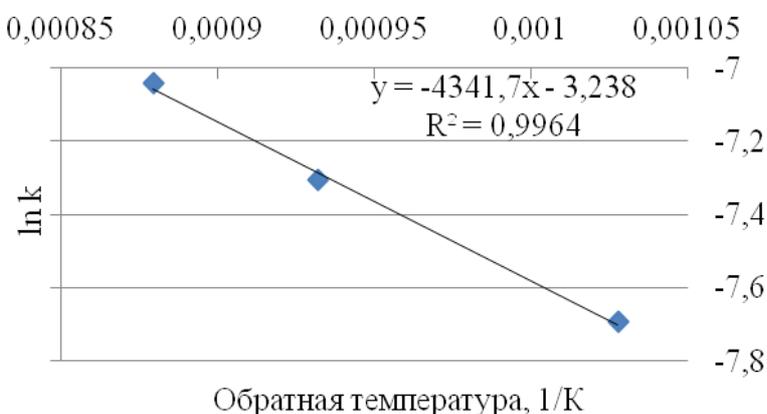


Рис. 3. Зависимость логарифма константы скорости окисления цинкового концентрата от обратной температуры

По данным аппроксимации, представленной на рис. 3, была рассчитана энергия активации и предэкспоненциальный множитель.

Величина предэкспоненциального множителя составила:

$$k_0 = \exp(-3,238) = 0,039 \text{ м/с.}$$

Из уравнения $y = -4341,7 \cdot x - 3,4447$ определен тангенс угла наклона прямой: при $x = 0$, $y = -3,4447$; при $y = 0$, $x = -\frac{3,238}{4341,7} = -7,6 \cdot 10^{-4}$. Тогда тангенс угла

наклона прямой равен $\operatorname{tg} \alpha = \frac{E}{R} = \frac{3,238}{7,6} \cdot 10^4 = 4341,7$.

Энергия активации равна: $E_a = 4341,7 \cdot 8,314 = 36100$ кДж/кмоль.

Таким образом, расчетная формула константы химического реагирования цинкового концентрата в зависимости от температуры кипящего слоя принимает вид:

$$k = k_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{R \cdot T}\right) = 0,039 \cdot \exp\left(-\frac{36100}{8,314 \cdot T}\right) \text{ м/с.} \quad (4)$$

Сопоставление рассчитанных данных (линия) по формуле (4) с данными эксперимента (точки) представлено на рис. 4.

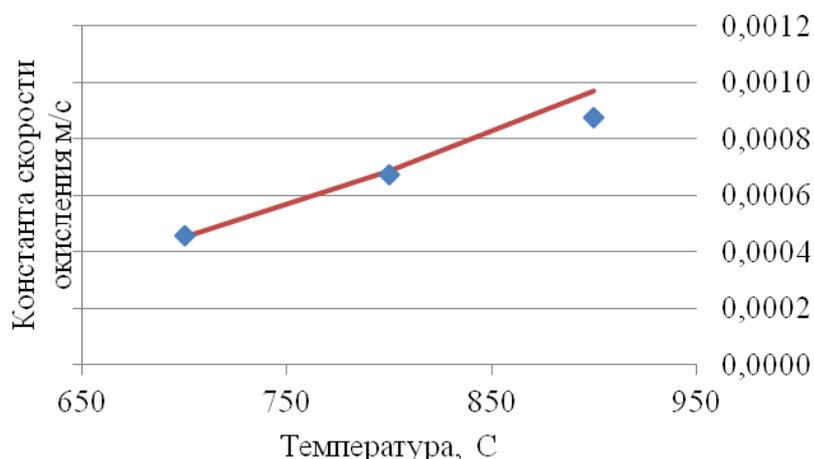


Рис. 4. Сопоставление аппроксимации с экспериментальными данными

В результате проведенных экспериментов были получены данные, которые могут быть использованы в дальнейших расчетах по оптимизации обжига шихты.

Установлено, что полнота обжига цинкового концентрата зависит от следующих параметров: дисперсности состава шихты, скорости дутья, концентрации кислорода в дутье и температуры слоя. Определенное сочетание данных параметров обеспечивает увеличение выхода конечного продукта.

В дальнейших исследованиях планируется получить зависимости константы скорости химического реагирования чистых веществ (сфалерита и пирита) от диаметра частиц и концентрации кислорода в дутье.

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИНХРОННОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Казакбаев В.М., Дмитриевский В.А., Прахт В.А.
УрФУ, emf2010@mail.ru*

В соответствии с планами российского правительства снизить энергоемкость на 40 % к 2020 г., повышение энергоэффективности является одной из самых приоритетных задач для российской экономики. Наибольший потенциал