

*Толоконникова Наталья Дмитриевна, студент  
Самарский государственный технический университет,  
г. Самара  
email: [tolokonnikovanatalya@bk.ru](mailto:tolokonnikovanatalya@bk.ru)*

## ПРОЦЕСС ХИМИЧЕСКОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

**Аннотация:** В данной статье описываются основные методы исследования кинетики выщелачивания, а также рассматриваются факторы, которые могут влиять на кинетику процесса выщелачивания. Особое внимание уделяется влиянию температуры и концентрации раствора на скорость выщелачивания.

**Ключевые слова:** выщелачивание, кинетика, цинковая руда, окисление, температура, концентрация.

**Annotation:** This article describes the main methods of studying the kinetics of leaching, and also considers the factors that can influence the kinetics of the leaching process. Particular attention is paid to the effect of the temperature and concentration of the solution on the leaching rate.

**Keywords:** leaching, kinetics, zinc ore, oxidation, temperature, concentration.

Выщелачивание - это процесс извлечения металлов из их природных источников с помощью растворов различных химических веществ. Кинетические исследования выщелачивания окисленной цинковой руды являются важной областью исследований, поскольку они позволяют определить скорость процесса выщелачивания и оптимизировать условия производства.

Для исследования кинетики выщелачивания используются различные методы, включая методы периодической лабораторной аппаратуры и методы

непрерывных реакторов. Один из основных методов - это метод измерения концентрации металла в растворе в зависимости от времени. Кроме того, могут использоваться методы спектроскопии, электрохимической импедансной спектроскопии и другие методы.

Скорость выщелачивания может зависеть от многих факторов, включая температуру, концентрацию раствора, размер частиц, давление и другие факторы. Особенно важным фактором является температура, поскольку она может существенно влиять на скорость выщелачивания. Увеличение температуры может ускорить реакцию выщелачивания, но при слишком высоких температурах могут происходить побочные реакции и деградация раствора. Концентрация раствора также может оказывать влияние на скорость выщелачивания, при этом более высокая концентрация может ускорить процесс, но может также вызвать нежелательные эффекты, такие как образование осадка или образование нерастворимых соединений.

Окисление цинковой руды является важным этапом процесса выщелачивания и может также влиять на скорость реакции. Окисленная цинковая руда более подходит для выщелачивания, чем неокисленная, поскольку она имеет более высокую растворимость. Однако, окисление может также вызвать образование сложных соединений, которые могут затруднить процесс выщелачивания. Когда химический потенциал растворенного вещества и его химический потенциал в твердом веществе уравновешены, устанавливается баланс во время выщелачивания. Достигнутая концентрация раствора, соответствующая его насыщению, называется растворимостью.

Вблизи твердой поверхности равновесие устанавливается за короткий промежуток времени. Поэтому при анализе процесса массопереноса предполагается, что концентрация на границе раздела фаз твердое вещество-растворитель равна концентрации насыщенного раствора [1].

Основной задачей механики выщелачивания является определение продолжительности контакта взаимодействующей фазы для достижения заданной степени извлечения извлекаемого вещества. Размер устройства для

извлечения определяется продолжительностью контакта [3].

В процессе выщелачивания цинкового сырья происходят химические реакции между различными компонентами (оксиды металлов, сульфиды, силикаты, карбонаты и т.д.) и серной кислотой. В то же время сульфат будет переходить в раствор совместно и ответственно.

Эти исследования были проведены с оксидной рудой цинка с месторождения Шаймерден с содержанием цинка 22,14% и содержанием железа 1,71%. Цинкоксидная руда месторождения Шаймерден характеризуется значительным разнообразием минерального состава; она содержит оксиды, сульфиды, силикаты и другие группы минералов, а также значительно содержит сложные ферритовые соединения цинка и свинца.

Известно, что результат процесса выщелачивания зависит от нескольких факторов: содержания растворителя в выщелачивающем растворе, температуры, силы перемешивания, влияния соотношения T:W и т.д.

Выбор температуры выщелачивания, с одной стороны, зависит от необходимости достаточно высокой скорости выщелачивания, чтобы сократить время процесса с необходимым переходом цинка из руды в раствор, с другой стороны, чтобы избежать увеличения вредных примесей при переходе в раствор, скорость выщелачивания увеличивается с температурой, особенно от температуры -800с до значительного увеличения.

В предыдущих исследованиях была определена зависимость степени вовлечения цинка в производственный раствор от температуры выщелачивания. В результате было обнаружено, что по мере повышения температуры выщелачивания руды оксида цинка на месторождении Шаймерден степень притяжения цинка к раствору возрастала и становилась наибольшей при температуре 600с.

На процесс выщелачивания и разделения продуктов, полученных в процессе выщелачивания руды, влияет продолжительность выщелачивания. Чрезмерное время выщелачивания окажет негативное влияние на процесс осаждения и фильтрации, особенно в процессе выщелачивания

высококремнистых руд [3]. Следовательно, разумная продолжительность процесса выщелачивания устанавливается исходя из необходимости более полного переноса цинка в продуктивный раствор и минимального растворения при нанесении.

Эксперимент по выщелачиванию был проведен на мелкодисперсной руде оксида цинка (класс-1+0 мм). В проведенных экспериментах была изучена зависимость извлечения цинка в производственный раствор при температуре 600с от продолжительности процесса. Выщелачивание проводят в непрерывном режиме в лабораторном стакане емкостью 0,5-0,6 дм<sup>3</sup> при соотношении T:W=1:4 (раствор серной кислоты 0,1 дм<sup>3</sup> на 25 грамм руды). Концентрация раствора серной кислоты составляет 160 г/дм<sup>3</sup>. Время выщелачивания составляет - 5мин, 10мин, 20мин, 40мин и 60мин.

В результате выщелачивания был получен продуктивный раствор, в котором методом масс-спектрометрии была определена концентрация цинка. Зависимость степени извлечения цинка в производственный раствор от времени выщелачивания показана на рисунке 1.



Рис 1. Зависимость степени извлечения цинка в раствор и продолжительности процесса выщелачивания от мелкой фракции руды (класс-1+0 мм) (t=600C)

Время выщелачивания составляет от 5 до 60 минут, и степень извлечения цинка в раствор увеличивается. Из мелкой фракции руды максимальное

количество извлеченного цинка ( $P=600C$ ) составляет 76,67%, а продолжительность выщелачивания составляет 60 минут.

Это объясняется тем, что при выщелачивании соединений цинка из руды происходит основная реакция обмена. Как показано на рисунке 2, вероятность образования в начальный период выщелачивания при высоких концентрациях  $H_2SO_4$  довольно мала, но в присутствии окислителей (например, мягкой марганцевой руды  $MnO_2$ ) образующаяся пленка элементарной серы может значительно замедлить процесс. При температуре  $600C$  процесс гидратообразования начинается в более кислой зоне ( $pH 4.7-4.8$ ). В щелочной области естественным образом существуют ионы  $ZnO_2^{2-}$  ( $pH$  перехода при  $25^{\circ}C$  составляет 7,8) и  $ZnOH^+$ . Область, где присутствуют эти ионы, резко смещается в кислую область по мере повышения температуры. В начале выщелачивания быстрорастворимые минералы цинка, такие как  $ZnS$ ,  $ZnCO_3$ , растворяются очень быстро (в течение первых 5 минут), и по мере дальнейшего перемешивания суспензии для выщелачивания цинк экстрагируется в раствор на определенной стадии и остается почти постоянным (с 10 Это связано с содержанием цинка-Ортосиликат  $Zn_2SiO_4$  растворяется в этих пределах с образованием ортосиликата, который блокирует твердую поверхность и усложняет процесс выщелачивания).

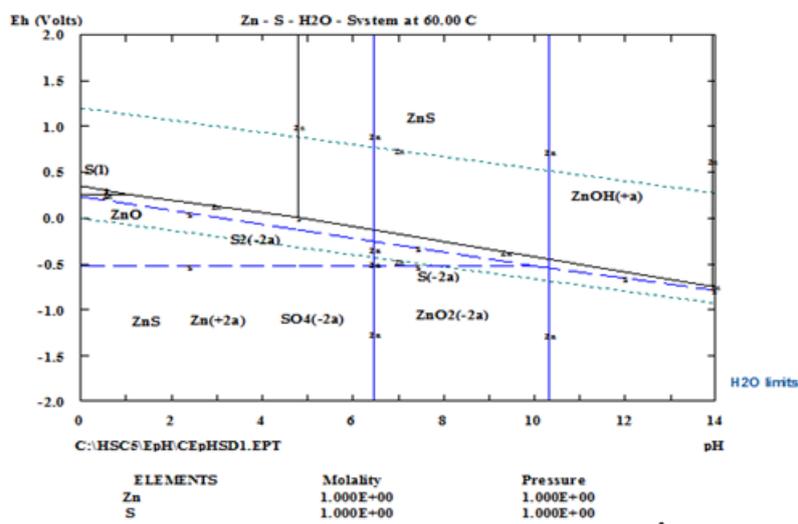


Рис. 2. Диаграмма E-pH при температуре  $600C$

Затем, по мере дальнейшего перемешивания мякоти в течение 60 минут, извлечение цинка увеличивается. Вышеупомянутое увеличение извлечения цинка в раствор может быть объяснено растворением агрегатов оксида цинка и минералов пустой породы, которые неизбежно присутствуют в исходной пробе руды размером -1+0 мм.

Кинетические исследования выщелачивания окисленной цинковой руды являются важной областью исследований, которая может помочь оптимизировать процесс производства металлов. Они позволяют определить скорость процесса выщелачивания и выявить факторы, которые могут влиять на скорость реакции. Такие факторы, как температура, концентрация раствора и окисление, могут оказывать значительное влияние на скорость выщелачивания, и поэтому должны быть учтаны при проектировании и оптимизации процесса выщелачивания.

#### **Библиографический список:**

1. Барон В.Л., Кантор В.Х. Техника и технология взрывных работ в США. Недра.
2. Граевский М.М. Справочник по электрическому взрыванию зарядов взрывчатых веществ. Изд. 2-е, перераб. И доб. М.: Рандеву-АМ. -2000. -448 с.
3. Единые правила безопасности при взрывных работах. НПО ОБТ, 1993 г.
4. Защита зарядов взрывчатых веществ от преждевременных взрывов блуждающими токами / под ред. Граевского М.М. – М.: Недра. 1987.