



DOI: 10.24412/2181-1431-2021-1-35-38
УДК 669.2

Ахтамов Ф.Э., Исаева С.С., Бурунов М.К.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЯНОГО ПАРА ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ЦИНКОВОГО КЕКА

Ахтамов Ф.Э., доцент кафедры «Металлургия» Навоийского государственного горного института, Исаева С.С., магистрант Навоийского государственного горного института, Бурунов М.К., студент Навоийского государственного горного института.

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы эффективной переработки цинкового кека методом термодорообработки, целью которого является доизвлечение цинка и ряда цветных металлов, как основа повышения комплексности использования сырья. Рассмотрены термодинамики реакции процесса окисления цинковых кеков водяным паром и результаты проведенных лабораторных опытов. Исследования были направлены на термодинамическое изучение поведения минералов, входящих в состав цинковых кеков, при температурах 400-800°C.

Ключевые слова: феррит, силикат, сульфид, водяной пар, термодорообработка, окисление, разложение, термодинамика, выщелачивание.

Annotation. The article considers the issues of effective processing of the zinc cakes to the thermo-steaming, the purpose of which is to perform zinc and a number of non-ferrous metals, as the basis for increasing the complexity of the use of raw materials. The thermodynamics of the reaction of the process of oxidation of zinc cakes by water vapor and the results of the laboratory experiments were considered. Studies were aimed at thermodynamic study of the behavior of minerals included in the zinc cakes at temperatures of 400-800°C.

Keywords: ferrite, silicate, sulfide, water vapor, oxidation, decomposition, thermodynamics, leaching.

Annotatsiya. Maqolada rux keklarini suv bug`l ishtirokida termik ishlov berish usuli bilan samarali qayta ishlash bo`yicha olib borilgan ilmiy tadqiqot natijalari keltirilgan. Rux keklarini tashkil etuvchilarning suv bug`l bilan ta`sirlashuv reaksiyalarning 400-800°C harorat oralig`idagi termodinamik kattaliklari berilgan.

Kalit so`zlar: ferrit, silikat, sul`fid, suv bug`i, oksidlanish, parchalanish, termodinamika, tanlab eritish.

Цинковый кек – нерастворимый остаток после выщелачивания цинкового огарка имеет сложный состав, содержит более 20 химических элементов. Минералогическим анализом испытуемого кека установлено, что Zn в кеках содержится в количестве 23% (в виде – ZnO (0,8%), ZnSO₄ (1,2%), 2ZnO·SiO₂ (3,9%), ZnO·Fe₂O₃ (5,6%), ZnS (11,5%)), Fe – в количестве 17,3% (в виде – FeS (2,5%), FeO (4,3%), Fe₂O₃ (8,7%)), Pb – в количестве 6,43% (в виде – PbO (4,4%), PbS (1,9%)), Cu – в количестве 3,72% (в виде CuS (1,6%), CuSO₄ (1,9%)). Au и Ag находятся, в основном, в металлическом виде.

В настоящее время в мировой практике применяют пирометаллургические и гидрометаллургические способы переработки цинковых кеков. Пирометаллургические методы

переработки кеков отличаются большим разнообразием и основаны главным образом на реакциях восстановления оксида и ферритов цинка с помощью углеродистых восстановителей при относительно высоких температурах, возгонке цинка, свинца, редких металлов и окислении возгонов в газовой фазе.

Наибольшее распространение среди пирометаллургических методов переработки цинковых кеков получил процесс вельцевания (восстановительно-возгоночный обжиг) – при температуре 1000 – 1200 °С с добавкой кокса в количестве 35÷45% от массы перерабатываемого материала. При этом получают цинковые возгоны и клинкер – остаток от вельцевания, который в свою очередь содержит много ценных компонентов. Цинковые возгоны возвращаются обратно в процесс сернокислотного выщелачивания.

Недостатками вельц процесса являются:

- большой расход дорогого и дефицитного кокса;
- необходимость высоких температур для протекания процесса;
- нерешенность вопросов извлечения других ценных компонентов, таких как – Au, Ag, Pb, Cu, Fe и др. из-за отсутствия рациональной технологии переработки медного клинкера.

Исходя из вышесказанного, создание технологии, позволяющей эффективно извлечь все металлы из состава цинковых кеков, является актуальной задачей.

Как известно, вследствие ферритообразования при обжиге цинковых концентратов в процессе выщелачивания огарка часть цинка остается в кеках в форме феррита и других нерастворимых соединений. Вместе с цинком в остаток от выщелачивания почти полностью переходят свинец, золото, серебро а также Cu и Cd [1, 10-12].

Исследования были направлены на термодинамическое изучение поведение минералов, входящих в состав цинковых кеков при температурах 400-900°C. Расчетные данные ΔG^0_t при различных температурах по всем возможным реакциям при термодорообработке цинкового кека со стандартными значениями изобарно-изотермических потенциалов рассчитано по методике Л.П. Владимирова [2].



При термopарообработке цинкового кека протекает ряд химических реакций, которые нами подразделены на следующие группы:

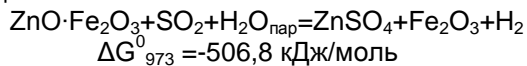
1. Окисление серосодержащих минералов: сфалерита, пирита, полусернистой меди, галенита и др.

2. Разложение силикатов и ферритов с водяным паром в присутствии кислорода и диоксида серы.

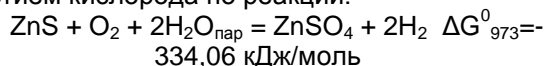
Установлено, что начало возгонки элементарной серы составляет 150-200⁰С, арсенопирит и пирит начинают разлагаться при 450-500⁰С. Полное разложение пирита, арсенопирита и халькопирита завершается при температуре ~700⁰С. При этом в газовую фазу переходят такие летучие оксиды, как диоксид серы (сернистый ангидрид), и другие легколетучие компоненты.

Элементарная сера всегда присутствует в цинковом продукте в свободной или связанной с органическими соединениями формах. Кроме того, она может образовываться при протекании различных реакций, в том числе за счет разложения сфалерита, пирита, халькопирита, арсенопирита и полусернистой меди. В условиях термopарообработки она может находиться в твердом, жидком и парообразном состояниях [3,4,13-15].

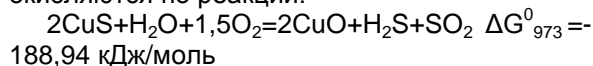
При термopарообработке феррита цинка с водяным паром с участием сернистого ангидрида разлагается с образованием сульфата цинка по реакции:



Сфалерит взаимодействует с парами воды с участием кислорода по реакции:



Сульфидов меди при термopарообработке в присутствии водяного пара и кислорода окисляются по реакции:



Таким образом, результаты [5] термодинамического анализа показали:

1. Окисление сульфидов в присутствии водяного пара происходит без кислорода и с участием его. Элементарная сера и сера, образующаяся при разложении сульфидов взаимодействуют с парами воды, образуя – диоксид серы, который взаимодействует с сульфидными минералами.

2. Как показали результаты расчетов при термopарообработке сульфид цинка ZnS превращается в основном в ZnSO₄, феррит цинка ZnO·Fe₂O₃ превращается в ZnSO₄ и Fe₂O₃, медь в CuO.

Для проверки результатов термopарообработки огарок выщелачивали раствором серной кислоты. Все продукты эксперимента подвергались химическому анализу. В ходе исследования было изучено

влияние температуры термopарообработки на степень извлечения различных металлов в раствор. Опыты проводили в температурном интервале от 400⁰С до 800⁰С. Результаты экспериментов приведены на рис.1.

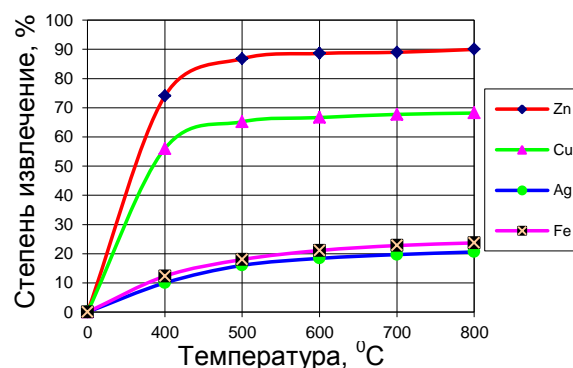


Рис. 1. Зависимость степени извлечения металлов в раствор от температуры термopарообработки

По данным рис.1 предварительная термopарообработка при 700⁰С оказывает положительное влияние на степень извлечения цинка в сернокислотном растворе. При температурах выше 700⁰С извлечение Zn и Cu из термopарообработанного продукта в раствор увеличивается незначительно [6]. В связи, с чем оптимальной для термopарообработки цинкового кека можно считать температуру 700⁰С.

При изучении влияния продолжительности термopарообработки на степень извлечения металлов в раствор были проведены опыты продолжительностью 0,5; 1; 1,5; 2; и 2,5 часа. Результаты эксперимента приведены на рис. 2.

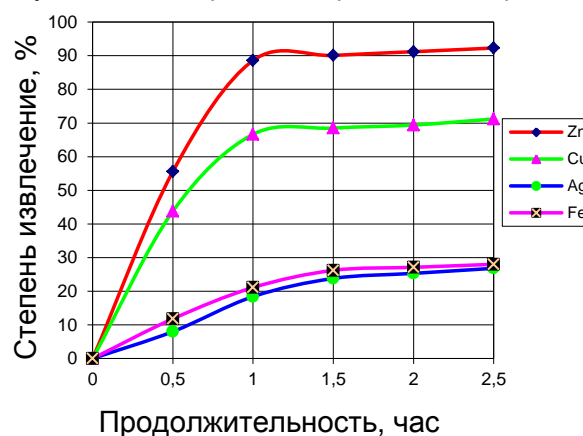


Рис. 2. Зависимость степени извлечения металлов в раствор от продолжительности термopарообработки

Термopарообработка цинкового кека при оптимальном температурном режиме во времени приводит к уменьшению массы навески продукта и росту содержания цинка и других металлов в огарке [7]. На основании полученных результатов и по экономическим соображениям можно утверждать, что оптимальная температура

термопарообработки составляет 700⁰С, а время термопарообработки - 1 час.

А также изучен химический состав огарка с использованием химического метода анализа [8], результаты которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав огарка

Элементы	Zn	Cu	Cd	Fe	S _s	Pb	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Au	Ag
Содержание, %	25,2	4,02	0,11	18,8	0,2	6,98	12,1	4,6	0,92г/т	224,3 г/т

Проведено исследование факторов, влияющих на выщелачивание термопарообработанных продуктов. Для выщелачивания продукта термопарообработки цинкового кека наиболее подходит серная кислота. Серная кислота является хорошим растворителем окисленных цинковых минералов (ZnO), при этом растворимость Ag незначительна, а Au практически не растворяется. Применение серной кислоты является технологически и экономически оправданным, так как при этом получают раствор сульфата цинка, который можно вводить в

основной цикл электролитного цеха цинкового завода. Кроме того, серная кислота отличается низкой стоимостью и оказывает сравнительно слабое коррозионное действие на аппаратуру для гидрометаллургических процессов [9, 16].

В лабораторных условиях были проведены исследования влияния различных факторов на степень извлечения металлов в раствор. Степень извлечения цинка и других металлов при выщелачивании огарка (Т:Ж=1:5) при 60⁰С находится в определенной зависимости от концентрации серной кислоты. Результаты экспериментов приведены на рис.3.

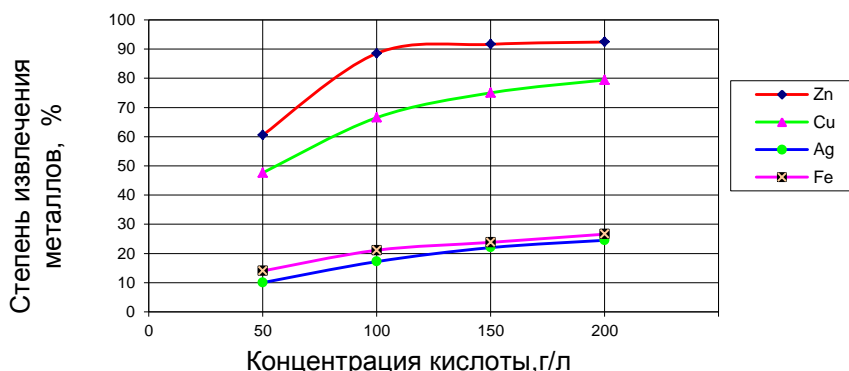


Рис. 3. Зависимость степени извлечения металлов в раствор от концентрации кислоты

Как видно из результатов опытов с повышением концентрации серной кислоты в растворе (до 150 г/л) растворимость составляющих огарка линейно возрастает. Увеличение концентрации серной кислоты более 150 г/л не дает существенного увеличения степени перевода цинка в раствор, в то время как переход примесей в раствор (особенно железа) начинает возрастать. Для выщелачивания огарка серной кислотой рекомендуется концентрация серной кислоты не выше 150 г/л, такая концентрация дает возможность также регулировать степень растворения сопутствующих минералов.

Литература:

- [1]. Марченко Н. В. Metallurgy тяжелых цветных металлов. Электронный учебно-методический комплекс. Красноярск : ИПК СФУ, 2009.-394 с.
- [2]. Абдурахмонов С.А., Ахтамов Ф.Э., Нормуратов Р.И. Исследования по выщелачиванию термопарообработанного

цинкового кека // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. – №3. – С.

[3]. A.S.Hasanov, B.I.Tolibov, N.A.Akhatov. Modernization of copper manufacturing technology // International conference. Technical sciences: modern issues and development prospects. - Sheffield, UK 2013, – P106-107.

[4]. Владимирова Л.П. Термодинамические расчеты равновесия металлургических реакции. - М.: Металлургия, 1970. -528 с.

[5]. Ахтамов Ф.Э., Нишонов Б.У. К вопросу переработки цинковых кеков // Теория и технология металлургического производства. – Москва, 2016. – №1. – С. 69-72.

[6]. B.I.Tolibov, A.S.Hasanov, F.G.Pirnazarov. Molybdenum containing products processing in conditions of SPA RM&RA AMMC // Proceedings of international conference on Integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects, –Navoi, 27-28 November 2019. –P139-143

[7]. Akthamov F.E. Study of low temperature technologies of processing zinc cakes with the



method of thermo-steaming// Международный научно-исследовательский журнал Евразийский союз ученых (ЕСУ). 2020. - №6 (75) - С. 4-8.

[8]. Ахтамов Ф.Э., Хужакулов Н.Б., Арипов А.Р., Вохидов Б.Р. Выщелачивание цинковых кеков электрохимической хлоринацией // Материалы республиканской научно-технической конференции «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли». – Навои, 14-15 июня 2012 г. – С. 127-128.

[9]. Ахтамов Ф.Э., Донияров Н.А., Вохидов Б.Р., Муродов И.Н. Переработка клинкера цинкового производства электрохимической хлоринацией // Материалы научно-технической конференции «Перспективы науки и производства химической технологии в Узбекистане». – Навои, 23-24 мая 2014 г. – С. 177-178.

[10]. Хасанов У.А., Исроилов О.Т., Толибов Б.И. Исследование поверхностного свойства шлаковых расплавов. Journal of Advances in Engineering Technology Vol.1 (1), 2020. –P53-56.

[11]. Патент РУз №IAP05300. Рух кекларини қайта ишлаш усули/ Абдурахмонов С.А., Ахтамов Ф.Э., Курбанов А.А., Тошқодирова Р.Э. // Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Республики Узбекистан 20.10.2016. – Бюл. №11.

[12]. Абдурахмонов С.А., Курбанов Ш.К., Холикулов Д.Б., Ахтамов Ф.Э., Рахмонов И.Ю. Подготовка сульфидных руд и концентратов к гидрометаллургической переработке методом термopарoобpаботки // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2014. – №4. – С. 91-95

[13]. Абдурахмонов С.А., Ахтамов Ф.Э. Исследование возможности переработки цинковых кеков термopарoобpаботкой // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. – №1. – С. 91-93

[14]. B.I.Tolibov, A.S.Hasanov, F.G.Pirnazarov. Molybdenum containing products processing in conditions of SPA RM&RA AMMC // Proceedings of international conference on Integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects, –Navoi, 27-28 November 2019. –P139-143

[15]. A.S.Hasanov, B.I.Tolibov, N.A.Akhatov. Modernization of copper manufacturing technology // International conference. Technical sciences: modern issues and development prospects. - Sheffield, UK 2013, – P106-107.

[16]. A.S.Hasanov, B.I.Tolibov, N.A.Akhatov. Gold in the world history // International conference. Technical sciences: modern issues and development prospects. -Sheffield, UK 2013, – P104-105.