



DOI: 10.31643/2020/6445.25
UDC 669.85/.86 553.3/.4(574)
IRSTI 53.37.35



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

On the issue of minimizing carbon dioxide emissions into the atmosphere during the processing of industrial waste

^{1*} Dikhanbaev B.I., ² Dikhanbaev A. B.

¹ S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan

² University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan

* Corresponding author email: otrar_kz@mail.ru

Received: 01 July 2020 / Peer reviewed: 07 July 2020 / Accepted: 22 July 2020

Abstract. The industrial activity of mankind using mineral raw materials and fossil fuels is steadily increasing man-made waste and carbon dioxide emissions. These factors, in turn, lead to pollution of the soil, air and an increase in the temperature of the earth's atmosphere. This article discusses an example of waste-free processing of excavated slag and the search for a method of minimizing carbon dioxide in the exhaust gases of the smelting unit. When solving this problem, the main provisions of the method of extreme energy saving were used: 1) selection of a high-performance melting unit; 2) the formation of a technology that allows decreasing carbon dioxide emissions into the atmosphere; 3) development of a heating scheme for an energy-saving, waste-free, environmentally friendly processing of industrial waste. On the basis of the created energy-saving unit "reactor inversion phase – rotary kiln", a thermal scheme for waste-free processing of zinc-containing slag has been developed. It is proposed that "CO₂, H₂O" in the reactor exhaust gas be reduced with zinc vapors to "CO, H₂". The resulting excess hydrogen will be used to displace from CO elemental carbon, which will serve as reducing agent in the zinc distiller. In case of implementation, the proposed system expects integrated waste management, minimization of CO₂ emissions into the atmosphere up to 50% and a five-fold reduction in the specific fuel consumption per process.

Keywords: carbon dioxide, reactor inversion phase, rotary kiln, zinc distillation, zinc-containing slag, zinc sublimates.

Information about authors:

Dikhanbaev Bayandy Ibragimovich, Doctor of Technical Sciences, acting Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan. Email: otrar_kz@mail.ru, orcid id: <https://orcid.org/0000-0002-0626-6139>

Dikhanbaev Arystan Bayandievich, Senior Lecturer, Department of Heat Power Engineering, University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan. Email: arystan.d74@gmail.com

К вопросу минимизации выбросов диоксида углерода в атмосферу при переработке техногенных отходов

¹ Диханбаев Б. И., ² Диханбаев А. Б.

¹ Казахский Агротехнический Университет имени С. Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан

² Алматинский Университет Энергетики и Связи, Алматы, Казахстан

Аннотация. Производственная деятельность человечества с использованием минерального сырья и ископаемого вида топлива неуклонно увеличивает техногенные отходы и выбросы углекислого газа. Эти факторы в свою очередь приводит к загрязнению почвы, воздуха и повышению температуры атмосферы земли. В предлагаемой

статье рассматриваются пример безотходной переработки отвальных шлаков и поиск способа минимизации диоксида углерода в отходящих газах плавильного агрегата. При решении поставленной задачи использованы основные положения метода предельного энергосбережения: 1) отбор высокопроизводительного плавильного агрегата; 2) формирование технологии сокращающей выбросы диоксида углерода в атмосферу; 3) разработка тепловой схемы системы энергосберегающей, комплексной, экологически чистой переработки техногенных отходов. На основе созданного энергосберегающего агрегата «реактор инверсии фаз-вращающаяся печь» разработана тепловая схема безотходной переработки цинксодержащих шлаков. «CO₂, H₂O» в отходящих газах реактора предлагается восстанавливать цинковыми парами до «CO, H₂». Получаемый при этом, избыточный водород будет использоваться для вытеснения из «CO» элементарного углерода, который будет служить как восстановитель в дистилляторе цинка. В случае внедрения, в предлагаемой системе ожидается комплексная переработка отходов, минимизация выбросов «CO₂» в атмосферу до 50% и пятикратное сокращение приведенного удельного расхода топлива в процессе.

Ключевые слова: диоксид углерода, реактор инверсии фаз-вращающаяся печь, дистилляция цинка, цинксодержащие шлаки, возгоны цинка.

Введение

В отвалах металлургических предприятий РК накоплены миллиарды тонн твердых отходов, в которых содержание ценных компонентов нередко выше чем в рудах природных месторождений [1-3]. Однако, в области переработки техногенных отходов пока еще нет хорошо зарекомендовавшего себя технического решения, комплексно учитывающее технологический, энергоэкономический и экологический аспекты проблемы.

Общеизвестно, что парниковый газ, оказывающий наибольшее влияние на потепление - это пары воды. Но он остается в атмосфере всего несколько дней. Другие газы, такие как метан и закись азота, также выделяются в результате деятельности человека, но их меньше, чем углекислого газа. Углекислый газ (CO₂), сохраняется в атмосфере гораздо дольше. Ученые считают, чтобы вернуть его содержание к доиндустриальному уровню, (начало индустриальной революции ~1750) потребуются сотни лет.

Глобальная инициатива по охране окружающей среды путем регулирования выбросов CO₂ посредством увеличения налогообложения, вызывает непропорциональное повышение стоимости металлов. По данным ряда авторов при выработке металлов из техногенных отходов (шламы флотации, шлаки, клинкера, кеки цинкового производства и т.п.) удельный расход первичного топлива (соответственно выбросов CO₂) повышается в ~2 раза, по сравнению с выработкой их из природного сырья [4]. Если еще учесть, что прогнозируемый срок исчерпания запасов богатого по ценным компонентам природного полиметаллического сырья Республики Казахстан составляет 30-35 лет, то, в недалеком будущем, производство металлов из

вторичного сырья и «бедных» руд может оказаться под угрозой. Поэтому, разработка и создание высокоэффективного плавильного оборудования, безотходной технологии энергосберегающей переработки минерального сырья, в совокупности многократно сокращающий удельный расход топлива, минимизирующий выбросы CO₂ в атмосферу и таким образом отвечающий современным техногенным вызовам относится в разряд особо актуальных и острых задач современности.

Методология

Диоксид углерода может быть отделен от воздуха или дымовых газов с помощью технологий абсорбции, адсорбции, очистки аминами, мембранного газоразделения или газогидратов [5-11]. Конечной целью перечисленных технологий является захват CO₂ из газов, транспортировка к месту хранения и долгосрочная изоляция от атмосферы. Однако, при всей важности указанных работ в них не ставится задача использования энергетической составляющей газа – углерода. В данной работе предлагается вариант очистки газов от CO₂ с последующим выделением из него углерода с целью его дальнейшего использования в процессе. Поставленная задача решалась путем отбора энергосберегающего плавильного оборудования, безотходной технологии и разработки тепловой схемы переработки шлаков, исключая вредные выбросы в окружающую среду [12-17].

Результаты экспериментально-расчетных работ

Для переработки шлаков шахтной плавки, руководству (бывшего, ныне не существующего) Шымкентского свинцового

завода (ШСЗ), было предложено новый способ извлечения цинка из шлаков - «кипящий слой расплава». На его основе на ШСЗ были построены две установки «реактор кипящего слоя расплава - трубчатая печь» производительностью 4т/ч и 15 т/ч. Однако проведенные опыты не дали желаемых результатов, извлечение цинка не превышало 35 - 40%. Впоследствии, установка была демонтирована [18, 19].

В результате дальнейших поисков был разработан энергосберегающий способ восстановления цинка из шлаков названный «слой расплава инверсии фаз» [20]. Данный способ базировался на комбинации режимов «идеального» смешения и «идеального» вытеснения, и дал возможность повысить извлечение цинка из «бедных» шлаков до 70%. На его основе, на территории ТОО «ОТРАР», при финансировании РГП «НЦ Комплексная переработка минерального сырья» и Британской компанией “ZincOx” был создан пилотная установка (ПУ), по переработке отвалных шлаков производительностью 1,5 т/ч. Общая сумма инвестиции составила ~700 000\$ США, при долевом участии партнеров – 0,09:0,19:0,72 соответственно.

ПУ (рисунок 2-4), состоит из следующих узлов: реактор инверсии фаз с паропроизводящими кессонами, с огневой поверхностью 10м²; вращающаяся печь длиной 9м, внутренним диаметром 0,8 м; воздухоподогреватель (ВЗП) конвективный с поверхностью нагрева 200м²; тягодутьевая

система, включающая турбовоздуходувку ТВ - 80/1,8, три дымососа ДН-10, скруббер и узел химической водоочистки. Энерго и газоснабжение осуществляется через автономную подстанцию с трансформаторами 100 и 630 кВА и автономный газораспределительный узел, подключенный к магистральному газопроводу.

Эксперименты проведены на 150 тоннах «богатых» (Zn 9-11%) шлаках Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината и 250 т «бедных» (Zn 3-4%) шлаках Шымкентского свинцового завода. Установка проработала в температурном режиме расплава 1300-1400⁰С около 1000 часов и показала надежность конструкции плавильного агрегата.

Опытами подтверждено, что скорость восстановления цинка из «бедных» шлаков в слое инверсии фаз в ~2 раза выше, чем в кипящем слое расплава. С уменьшением производительности реактора скорость возгонки цинка возрастает (рис.1).

Сравнение характеристик агрегата «реактор инверсии фаз-вращающаяся печь» перерабатывающий «бедный» шлак с действующей вельц-печью, использующий «богатый» шлак, показали его преимущество по сокращению удельного расхода условного топлива на тонну цинка в 1,5 - 1,7 раза, а по повышению удельной объемной производительности в 1,4 - 1,5 раза [20, 21]. Макет и общий вид установки показаны на рисунках 2,3.

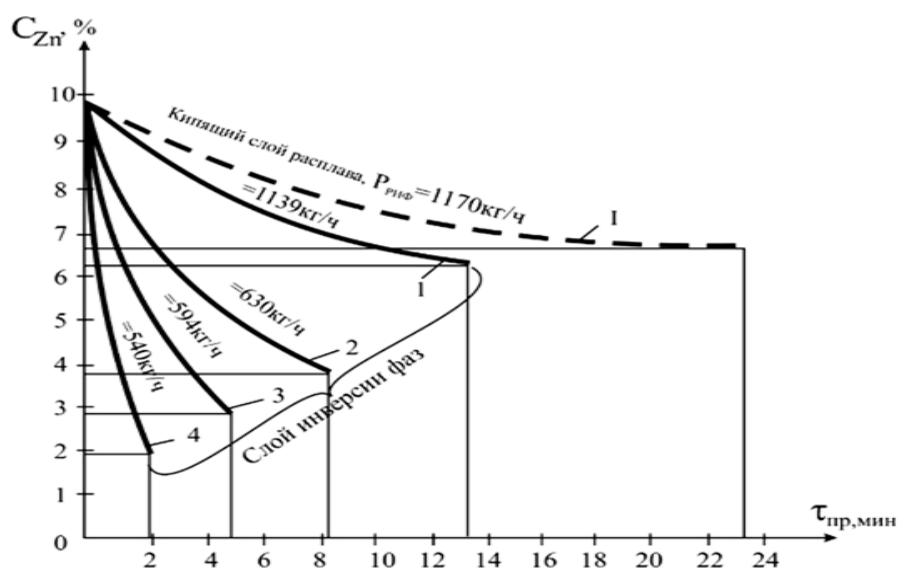


Рисунок 1 – Скорость восстановления цинка в режимах кипящего слоя расплава и слоя расплава инверсии фаз в зависимости от производительности реактора по шлаку

$v_1=0,0166$ 1/мин (1170кг/ч); $v_2=0,0344$ (1139 кг/ч); $v_3=0,11$; $v_4=0,785$

C_{Zn} - концентрация цинка в шлаке, $\tau_{пр. мин}$ – время пребывания шлака в реакторе, $P_{риф}$ – производительность реактора по шлаку.

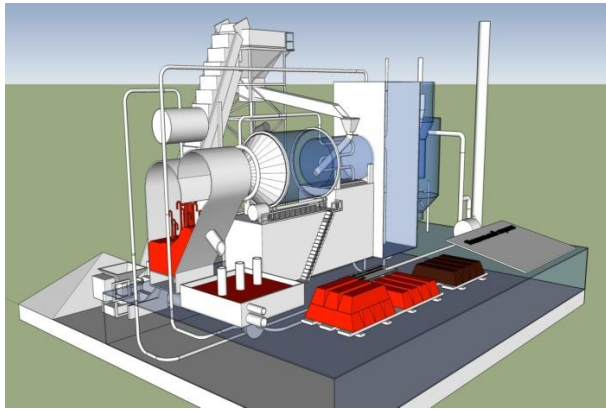


Рисунок 2 - 3D эскиз пилотной установки

Структурная схема пилотной установки показана на рисунке 3. Режим действия установки непрерывный. Шихта поступает во вращающуюся часть печи 2, нагревается отходящими газами реактора 1 до $900-1000^{\circ}\text{C}$, затем вдвигается под расплав реактора для восстановления металлов. Расплав из реактора, в отстойнике, разделяется на медьсодержащий чугун и силикатный шлак, пригодный для изготовления строительных материалов. Горючие газы (ГГ) после печи 2 нагревает природный газ, с частичным его разложением на сажеводородистую смесь (СВС). Последняя используется как топливо в реакторе 1. ГГ печи 3, после охлаждения в воздухоподогревателе 4 очищаются от возгонов цинка в скруббере 10 и далее может использоваться для технологических целей.

С целью обеспечения безотходности переработки, на пилотной установке, были проведены эксперименты по восстановлению железа из шлаков шахтной свинцовой плавки.



Рисунок 3 - Общий вид пилотной установки

Состав конечного шлака, в %: 1,66 Zn, 0,15Pb, 0,17Cu, 7,5FeO, 41SiO₂, 27,8 CaO, 12,5Al₂O₃, 8,5MgO, 30-40 г/т Ge.

Получено продукции: цинк в возгонах – 90 кг/ч, углеродсодержащий железомедный сплав (медистый чугун) – 200 кг/ч, горючий газ низшей теплотой сгорания $7100-7200 \text{ кДж/м}^3$ и жаропродуктивностью $1600-1700^{\circ}\text{C}$, силикатный расплав пригодный для камнелитья – 600-700 кг/ч. Шлаковата произведенная из такого расплава будет удовлетворять следующим нормативным условиям указанных в скобках: модуль кислотности расплава – $1,88 > (M_K \geq 1,5)$; модуль вязкости расплава $1,1 < (M_g < 1,2)$; показатель водостойкости $3,95 < (P_g < 5)$. Вязкость гомогенного расплава для вышеуказанного состава, для интервала температур $1400^{\circ}\text{C} - 1450^{\circ}\text{C} - \eta = 5.2 - 4.8 \text{ Пуаз}$, что позволяет легко выпускать расплав из летки РИФ [14].

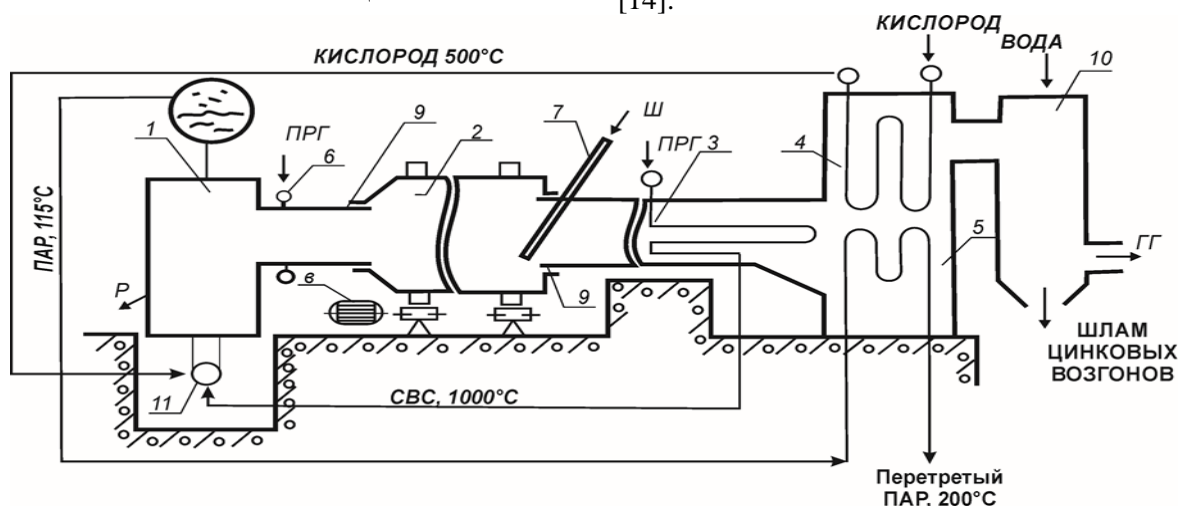


Рисунок 4 - Структурная схема пилотной установки

1 – реактор инверсии фаз с барабан-сепаратором, 2 – вращающаяся часть печи, 3- неподвижная часть печи с теплообменными трубами из стали 12ХН9Т, для пиролиза природного газа, 4- воздухоподогреватель из труб 12ХМФ, 5- пароперегреватель из труб 15ХМ, 6 – коллектор ввода дополнительного природного газа, 7 – шлакозагрузочная труба, 8 – привод печи, 9- уплотнение зазоров вращающейся печи, 10 –скруббер, 11 – топка, ПРГ – природный газ, СВС – сажеводородистая смесь, ГГ – горючий газ, Ш – шлак, Р – расплав.

Теоретические предпосылки к решению проблемы

Однако, несмотря на достигнутые результаты по энергосбережению и безотходности процесса, данная технология не удовлетворяет главному требованию экологии - сокращению выбросов диоксида углерода в атмосферу.

Одним из путей к решению проблемы может быть использование цинка, вырабатываемого в системе, как реагента, преобразующего CO_2 , H_2O в CO , H_2 по формуле: $\text{Zn} + \text{CO}_2 = \text{ZnO} + \text{CO}$ и $\text{Zn} + \text{H}_2\text{O} = \text{ZnO} + \text{H}_2$. Выделение углерода из его монооксида может протекать по выражению: $\text{CO} + \text{H}_2 = \text{C} + \text{H}_2\text{O}$.

Согласно [22], цинк - химически активный металл, обладает выраженными восстановительными свойствами, по активности уступает только щелочноземельным металлам. Реагирует с парами воды при температуре красного каления (550 - 650 °С) с образованием оксида цинка и водорода.

Таблицы 1-3 демонстрируют восстановительную способность цинка и водорода в пределах температур 300-1000°С [23]. В данном интервале все три реакции экзотермические, константы равновесия реакций и абсолютное значение фактора изменения энергии Гиббса (ΔG) растет с уменьшением температуры, что подтверждает о высокой реакционной способности цинка. При примерно одинаковом значении (ΔG) константа равновесия (K) реакции восстановления водяных паров цинком (табл.1) почти в два раза выше чем « K » реакции восстановления диоксида углерода цинком (табл.2), из чего можно ожидать вероятный опережающий темп развития реакции $\text{Zn} + \text{H}_2\text{O} = \text{ZnO} + \text{H}_2$ перед $\text{Zn} + \text{CO}_2 = \text{ZnO} + \text{CO}$.

Таблица 1

$\text{Zn} + \text{H}_2\text{O} = \text{ZnO} + \text{H}_2$			
T	ΔH	ΔG	K
C	кДж	кДж	
700,000	-108,362	-56,359	1060
800,000	-107,393	-51,063	306
900,000	-106,438	-45,857	110
1000,000	-105,497	-40,733	46,9

Таблица 2

$\text{Zn} + \text{CO}_2 = \text{ZnO} + \text{CO}$			
T	ΔH	ΔG	K
C	кДж	кДж	
700,000	-73,225	-52,664	671
800,000	-73,277	-50,548	288
900,000	-73,306	-48,429	143
1000,000	-73,301	-46,308	79

Таблица 3

$\text{CO} + \text{H}_2 = \text{C} + \text{H}_2\text{O}$			
T	ΔH	ΔG	K
C	кДж	кДж	
300,000	-134,304	-53,336	72640
400,000	-134,887	-39,158	1093
500,000	-135,293	-24,906	48
600,000	-135,564	-10,610	4.3

Максимальное значение константы равновесия реакции $\text{CO} + \text{H}_2 = \text{C} + \text{H}_2\text{O}$ (табл.3) примерно на семь порядка выше чем наибольшее значение « K » реакции $\text{Zn} + \text{H}_2\text{O} = \text{ZnO} + \text{H}_2$. Последнее обстоятельство позволяет сделать вывод, что восстановление « CO » водородом будет протекать интенсивно и не будет лимитировать протекание остальных реакций.

Обсуждение результатов

При экспериментах, интенсивность протекания реакций $\text{Zn} + \text{H}_2\text{O} = \text{ZnO} + \text{H}_2$, $\text{Zn} + \text{CO}_2 = \text{ZnO} + \text{CO}$ изучали во время возгонки цинка из шлака. При переходе **восстановительных** цинксодержащих газов с реактора ($t=1400-1500^\circ\text{C}$) во вращающуюся печь с начальной ($1400-1500^\circ\text{C}$) и конечной температурной зоной ($600-550^\circ\text{C}$), со временем пребывания частиц газов в печи 2-3 секунды, следов конденсированного цинка на поверхности печи не наблюдалось. Последнее обстоятельство подтверждает предположение о высокой скорости протекания реакций, представленных в таблицах 1-3.

На базе пилотной установки, разработана тепловая схема энергосберегающей, безотходной и экологически чистой системы переработки отвальных шлаков показанный на рисунке 4. Принцип действия системы следующий. Процесс непрерывный. Отвальный «бедный» шлак загружается во вращающуюся печь 1, нагревается в нем до $900-1000^\circ\text{C}$ отходящими газами реактора инверсии фаз (РИФ) и затем вдувается под расплав в РИФ 2. В РИФ шлак перегревается, возгоняется из него цинк и восстанавливается железо в виде медистого чугуна. Расплав направляется в отстойник для разделения на медистый чугун и силикатный шлак. Последний будет использоваться для производства стройматериалов. Отходящие восстановительные газы РИФ 2 используются по двухпоточной схеме. Первый поток через трубчатую печь 1 поступает в воздухоподогреватель 4 (ВЗП), а второй поток, после обогрева ретортной печи установки «дистиллятор - конденсатор цинка» 3, также направляется в ВЗП, 4. CO -газ из

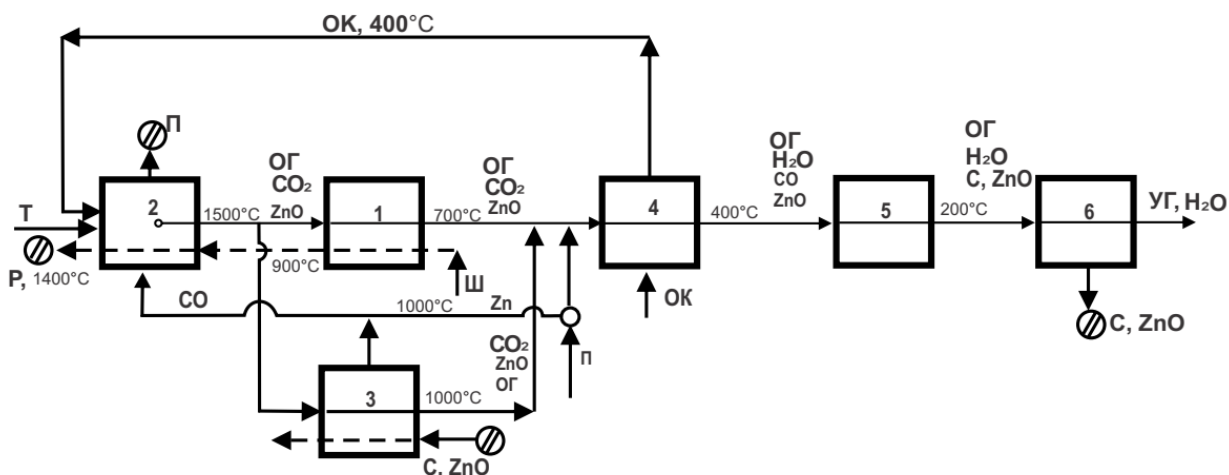


Рисунок 5 – Предлагаемая тепловая схема энергосберегающей, безотходной и экологически чистой переработки отвальных цинксодержащих шлаков. 1-вращающаяся печь, 2 – реактор инверсии фаз, 3 – установка «дистиллятор-конденсатор цинка», 4 – воздухоподогреватель, 5 –реакционная камера восстановления углерода из его монооксида, 6 – электрофильтр. Ш – шлак, P – шлакометаллический расплав, Т – топливо, ОК – окислитель, П – пар, ОГ – отходящие газы, УГ – уходящие газы, С, СО, CO₂, H₂O – углерод, монооксид и диоксид углерода, пары воды соответственно, Zn^l, ZnO - пары цинка и возгоны цинка, соответственно

конденсатора направляется в РИФ как дополнительное топливо. Конденсаторный цинк из 3, посредством водяного пара вырабатываемого в кессонах РИФ 2, вдувается в межтрубное пространство ВЗП, 4. В межтрубном пространстве ВЗП 4 происходят основные реакции восстановления - $Zn + H_2O = ZnO + H_2$ и $Zn + CO_2 = ZnO + CO$. Отходящие газы, содержащие H₂, СО и ZnO подаются в реакционную камеру 5, где происходит реакция замещения - $CO + H_2 = C + H_2O$, с выделением атомарного углерода. Далее газы с камеры 5 состоящие из H₂O, С, ZnO поступает в электрофильтр 6 (ЭФ) для сепарации сажи (С) и возгонов ZnO от газов. Окашки из смеси сажи (С) и возгонов (ZnO) направляется в ретортную печь установки «дистиллятор - конденсатор цинка», основными продуктами которой являются конденсированный цинк и СО-газ. Уходящие газы с ЭФ, включающие в себе в основном H₂O, N₂, с сокращенным количеством CO₂ выпускаются в атмосферу. Прогнозные расчеты показывают, что при соответствующей доводке предложенной технологии выбросы CO₂ в атмосферу можно сократить до 50%.

Таким образом, при решении поставленной задачи использованы основные положения метода предельного энергосбережения: 1) отбор высокопроизводительного плавильного агрегата – «реактор инверсии фаз-вращающаяся печь» 2) формирование безотходной технологии

минимизирующей выбросы диоксида углерода в атмосферу; 3) разработка энергосберегающей тепловой схемы, экологически чистой переработки техногенных отходов.

Общеизвестно, что есть аналогия к между тепловой работой установки «плавильная печь-котел-утилизатор» и котельный агрегат. Поэтому другой областью реализации предлагаемой технологии может быть котлы электростанций сжигающие угли [24].

Одним из способов определяющий энергоэффективность выбранной тепловой схемы является сравнение теплотехнических характеристик разработанной системы и термодинамически идеальной установки. В работе [25] представлены теоретически минимальный уровень расхода условного топлива в термодинамически идеальной установке «перерабатывающей» отвальные цинксодержащие шлаки - $v_{\text{ТИУ}} = 778 \frac{\text{кг у.т.}}{\text{т Zn}}$ и действующей системе (Лениногорский полиметаллический комбинат) вельцевания шлаков - $v_{\text{ВП}} = 6000 \frac{\text{кг у.т.}}{\text{т Zn}}$. Расчетное значение приведенного удельного расхода условного топлива в предлагаемой системе - $v_{\text{пр}}^{\text{ПС}} = 1136 \frac{\text{кг у.т.}}{\text{т Zn}}$.

Тогда, по отношению к идеальной установке:

- коэффициент полезного использования первичного топлива в действующей системе вельцевания шлаков:

$$\eta_{\text{ВП}}^{\text{ТИУ}} = \frac{V_{\text{ВП}}^{\text{ТИУ}}}{V_{\text{ВП}}} = \frac{778}{6000} \cdot 100 = 13,0\% \quad (1)$$

- коэффициент полезного использования первичного топлива в предлагаемой системе:

$$\eta_{\text{ПС}}^{\text{ТИС}} = \left(\frac{V_{\text{пр}}^{\text{ТИС}}}{V_{\text{пр}}^{\text{ПС}}} \right) = \frac{778}{1136} \cdot 100 = 68\% \quad (2)$$

- отношение удельного расхода условного топлива в вельц-печи к приведенному удельному расходу топлива в предлагаемой схеме, (ПС):

$$V_{\text{ВП}}^{\text{ВП}} / V_{\text{пр}}^{\text{ПС}} = 6000 / 1136 = 5,28 \quad (3)$$

Таким образом, расчетно установлено, что коэффициент полезного использования первичного топлива в предлагаемой системе относительно термодинамически идеальной установки составляет 68%, удельный расход

условного топлива в системе будет почти в 5 раз меньше чем в вельц-печи перерабатывающей аналогичный шлак.

Выводы

Предложена технология последовательного разделения углерода от его диоксида: сначала восстановлением CO_2 , H_2O цинковыми парами до «CO, H_2 », а затем, вытеснением из «CO» «C» водородом, с последующим возвратом углерода в систему, как восстановителя окиси цинка.

Разработана, на основе метода предельного энергосбережения, энергоэффективная тепловая схема безотходной переработки отвалных цинксодержащих шлаков, минимизирующая выбросы CO_2 в атмосферу до 50%.

Ожидается, что в случае реализации предлагаемой системы удельный расход топлива уменьшится почти в пять раз по сравнению с действующей системой переработки шлаков.

Ссылка на данную статью: Диханбаев Б. И., Диханбаев А. Б. К вопросу минимизации выбросов диоксида углерода в атмосферу при переработке техногенных отходов // *Комплексное использование минерального сырья = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu.* -2020. №3(314), pp.40-49. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.25>

Cite this article as: Dikhanbaev B.I., Dikhanbaev A. B. K voprosu minimizatsii vybrosov dioksida ugleroda v atmosferu pri pererabotke tekhnogennykh otkhodov [On the issue of minimizing carbon dioxide emissions into the atmosphere during the processing of industrial waste] // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a. = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu.* - 2020. № 3 (314), pp. 40-49. (In Rus.). <https://doi.org/10.31643/2020/6445.25>

Өнеркәсіптік қалдықтарды өңдеу кезінде атмосфераға көмірқышқыл газының шығарылуын азайту туралы

Диханбаев Б. И., Диханбаев А. Б.

С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық Университеті, Нур-Султан қ, Қазақстан
Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

Түйіндеме. Минералдық шикізат пен қазбалы отынды пайдаланатын адамзаттың өндірістік белсенділігі техногендік қалдықтар мен көмірқышқыл газының шығарындыларын тұрақты түрде арттырып келеді. Бұл факторлар өз кезегінде топырақтың, ауаның ластануына және жер атмосферасының температурасының жоғарылауына әкеледі. Бұл мақалада қожды қалдықсыз өңдеудің және балқыту қондырғысының шығарылған газдарындағы көмірқышқыл газын минимизациялау әдісін іздеудің мысалдары қарастырылады. Бұл мәселені шешуде энергияны максималды үнемдеудің негізгі ережелері қолданылды: 1) жоғары өнімді балқытатын қондырғыны таңдау; 2) атмосфераға көмірқышқыл газының шығарылуын болдырмайтын технологияны қалыптастыру; 3) өндірістік қалдықтарды энергия үнемдейтін, қалдықсыз, экологиялық таза өңдеудің жылу схемасын әзірлеу. Құрылған «фазаларды инверсиялау реакторы-айналмалы пеш» энергия үнемдейтін қондырғының негізінде құрамында мырыш бар қожды қалдықсыз өңдеудің жылу схемасы жасалды. Реактордан шығатын газдағы « CO_2 , H_2O »-ні мырыш буларымен «CO, H_2 »-ге дейін тотықсыздандыру ұсынылады. Алынған артық сутегі мырыш дистилляторында қалыптастырғыш ретінде қызмет ететін элементарлы көміртекті СО-дан

ығыстырып шығару үшін қолданылады. Іске асырылған жағдайда, аталмыш жүйе қалдықтарды кешенді өңдеуге, атмосфераға CO₂ шығарындыларын 50%-ке дейін азайтуға және процесте нақты отын шығынын бес есе азайтуға мүмкіндік туғызады.

Түйінді сөздер: көміртегі диоксиді, фазаларды инверсиялау реакторы-айналмалы пеш, мырыш дистилляциясы, құрамында мырыш бар қож, цинк ұшырындысы.

Литература

- [1] Болатбаев К., Состояние, проблемы и резервы технологии обогащения полиметаллического сырья. // Промышленность Казахстана. – 2001. – №4 С.91-93.
- [2] Даукеев С.Ж. Минерально-сырьевые ресурсы Казахстана - возможности научно-технического развития. // Вопросы комплексной переработки сырья Казахстана: Тр. Первой Междунар.Конф. – Алматы, Казахстан, 2003. – С.11 (457с)
- [3] Кошумбаев М. Б. Переработка промышленных и бытовых отходов. Учебное пособие. – Астана. 2018. 270 с
- [4] R. Hansson, H. Holmgren and T. Lehner “Recovery of recycled zinc by slag fuming at the Rönnskär smelter”, Journal of The Minerals, Metals & Materials, 2009, P.15-24.
- [5] Fanchi, John R; Fanchi, Christopher J (2016). Energy in the 21st Century. World Scientific Publishing Co Inc. p. 350. ISBN 978-981-314-480-4.
- [6] Birch, E. L. (2014). A Review of “Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability” and “Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change.” Journal of the American Planning Association, 80(2), 184–185. <https://doi.org/10.1080/01944363.2014.954464>
- [7] Rhodes, J. S., & Keith, D. W. (2008). Biomass with capture: negative emissions within social and environmental constraints: an editorial comment. Climatic Change, 87(3-4), 321–328. <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9387-4>
- [8] Werner, C., Schmidt, H.-P., Gerten, D., Lucht, W., & Kammann, C. (2018). Biogeochemical potential of biomass pyrolysis systems for limiting global warming to 1.5 °C. Environmental Research Letters, 13(4), 044036. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabb0e>
- [9] Phelps, J. J. C., Blackford, J. C., Holt, J. T., & Polton, J. A. (2015). Modelling large-scale CO₂ leakages in the North Sea. International Journal of Greenhouse Gas Control, 38, 210–220. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2014.10.013>
- [10] Sumida, K., Rogow, D. L., Mason, J. A., McDonald, T. M., Bloch, E. D., Herm, Z. R., ... Long, J. R. (2011). Carbon Dioxide Capture in Metal–Organic Frameworks. Chemical Reviews, 112(2), 724–781. <https://doi.org/10.1021/cr2003272>
- [11] Bryngelsson, M., & Westermark, M. (2009). CO₂ capture pilot test at a pressurized coal fired CHP plant. Energy Procedia, 1(1), 1403–1410. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2009.01.184>
- [12] Диханбаев Б.И., Жарменов А.А., Терликбаев А.Ж., Тельбаев С.А., Романов Г.А., Диханбаев А.Б. Создание пилотной установки по энергосберегающей переработке отвальных шлаков // Минералды шикізатты кешенді ұқсату: Халықаралықғылыми-тәжірибелік конферен. матер. Қарағанды, Қазақстан, 2008. – Б. 380-384.
- [13] Dikhanbaev, B., Gomes, C., & Dikhanbaev, A. B. (2017). Energy-saving method for technogenic waste processing. PLOS ONE, 12(12), e0187790. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187790>
- [14] Dikhanbaev B.I., Dikhanbaev A.B., Ibray S., Rusowicz A. Development of hydrogen-enriched water gas production technology by processing ekibastuz coal with technogenic waste // Archive of mechanical engineering. –2018. – V. LXV, – N 2. Warszawa, Republic Polska, doi: 10.24425/123022, <http://journals.pan.pl/dlibra/journal/97806>
- [15] Диханбаев Б.И., Интенсивное энергосбережение в переработке минерального сырья. – Астана: КазАТУ. 2018. – 167с.
- [16] Ключников А.Д. Метод предельного энергосбережения как методологическая основа формирования энергоматериалосберегающих и экологически совершенных теплотехнологических систем. // Сб.науч. трудов. - №105. - М.: - Моск. Энерг. ин-т. -1986. - С.3-7
- [17] Dikhanbaev, B., Gomes, C., & Dikhanbaev, A. B. (2019). Energy Efficient System for Galena Concentrate Processing. IEEE Access, 7, 23388–23395. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2895591>
- [18] Байдаулетова Т. Прибыль приносит шлак // Газета «Южный Казахстан». - 1999. – №43. –С.2.
- [19] Диханбаев Б.И. Разработка и создание энергосберегающих установок по переработке цинксодежащих отходов на базе реактора инверсии фаз // Промышленность Казахстана. –2003. –№4. –С.79-81.
- [20] Диханбаев А.Б., Диханбаев Б.И. Слой расплава с инверсией фаз – высокоэффективный способ обработки шлаков // Комплексное использование минерального сырья. -Алматы, -2011. -№2. -С.44-51. www.kimsimio.kz
- [21] Диханбаев, Б. И., & Диханбаев, А. Б. (2019). Разработка энергосберегающего способа для переработки техногенных отходов // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â/Complex Use of Mineral Resources/Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu, 4(311), 82–92. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.41>
- [22] Wieser, M. E., Holden, N., Coplen, T. B., Böhlke, J. K., Berglund, M., Brand, W. A., ... Zhu, X.-K. (2013). Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry, 85(5), 1047–1078. <https://doi.org/10.1351/pac-rep-13-03-02>

- [23] Outokumpuhsc Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium Software with Extensive Thermochemical Database. Version 5.1. October 31, 2002.
- [24] Заявка № 67883 - Патент РК на изобретение. Способ утилизации диоксида углерода в отходящих газах агрегатов. / А.Б. Диханбаев, Б.И. Диханбаев. Оpub. 01.07.2020.
- [25] Диханбаев А.Б., Диханбаев Б.И. Прогнозные характеристики установки по переработке отвальных цинксодержащих шлаков // Труды междунар. науч. прак. конф. «Перспективные направления развития химии и химической технологии». –Шымкент, 1999. –С.137-138.

References

- [1] Bolatbaev K., Sostoyaniye, problemy i rezervy tekhnologii obogashcheniya polimetallicheskogo syr'ya [State, problems and reserves of technology for enrichment of polymetallic raw materials] // Industry of Kazakhstan. - 2001. - No. 4 P.91-93. (in Russ)
- [2] Daukeev S.Zh. Mineral'no-syr'yevyye resursy Kazakhstana - vozmozhnosti nauchno-tekhnicheskogo razvitiya [Mineral resources of Kazakhstan - opportunities for scientific and technological development] // Issues of complex processing of raw materials in Kazakhstan: Proceedings of the First International Conference. - Almaty, Kazakhstan, 2003. -- P.11 (457p). (in Russ).
- [3] Koshumbaev M. B. Pererabotka promyshlennykh i bytovykh otkhodov [Processing of industrial and household waste]. Tutorial. - Astana. - 2018.- 270p. (in Russ).
- [4] Hansson R., Holmgren H. and Lehner T. “Recovery of recycled zinc by slag fuming at the Rönnskär smelter”, Journal of The Minerals, Metals & Materials, 2009, P.15-24. (in Eng).
- [5] Fanchi, John R; Fanchi, Christopher J (2016). Energy in the 21st Century. World Scientific Publishing Co Inc. p. 350. ISBN 978-981-314-480-4. (in Eng).
- [6] Birch, E. L. (2014). A Review of “Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability” and “Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change.” Journal of the American Planning Association, 80(2), 184–185. <https://doi.org/10.1080/01944363.2014.954464> (in Eng).
- [7]. Rhodes, J. S., & Keith, D. W. (2008). Biomass with capture: negative emissions within social and environmental constraints: an editorial comment. Climatic Change, 87(3-4), 321–328. <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9387-4> (in Eng).
- [8] Werner, C., Schmidt, H.-P., Gerten, D., Lucht, W., & Kammann, C. (2018). Biogeochemical potential of biomass pyrolysis systems for limiting global warming to 1.5 °C. Environmental Research Letters, 13(4), 044036. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabb0e> (in Eng).
- [9] Phelps, J. C.; Blackford, J.; Holt, J.; Polton, J. (2015). Modelling large-scale CO₂ leakages in the North Sea. International Journal of Greenhouse Gas Control, 38, 210–220. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2014.10.013> (in Eng).
- [10] Sumida, K., Rogow, D. L., Mason, J. A., McDonald, T. M., Bloch, E. D., Herm, Z. R., ... Long, J. R. (2011). Carbon Dioxide Capture in Metal–Organic Frameworks. Chemical Reviews, 112(2), 724–781. <https://doi.org/10.1021/cr2003272> (in Eng).
- [11] Bryngelsson, M., & Westermark, M. (2009). CO₂ capture pilot test at a pressurized coal fired CHP plant. Energy Procedia, 1(1), 1403–1410. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2009.01.184> (in Eng).
- [12] Dikhanbaev B. I., Zharmenov A. A., Terlikbaev A. Zh., Telbaev S. A., Romanov G. A., Dikhanbaev A. B. Sozdaniye pilotnoy ustanovki po energosberegayushchey pererabotke otval'nykh shlakov [Creation of a pilot plant for energy-saving processing of waste slag] // Mineraldu shikizatty keshendi Uksatu: Khalygaralygylymy-tenzhiribelikkonfferen. mater. Karagandy, Kazakhstan, 2008. - P. 380-384. (in Russ).
- [13] Dikhanbaev, B., Gomes, C., & Dikhanbaev, A. B. (2017). Energy-saving method for technogenic waste processing. PLOS ONE, 12(12), e0187790. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187790> (in Eng).
- [14] Dikhanbaev B.I., Dikhanbaev A.B., Ibray S., Rusowicz A. Development of hydrogen-enriched water gas production technology by processing ekibastuz coal with technogenic waste //Archive of mechanical engineering. –2018. – V. LXV, – N 2. Warszawa, Republic Polska, doi: 10.24425/123022, <http://journals.pan.pl/dlibra/journal/97806>. (in Eng).
- [15] Dikhanbaev B.I. Intensivnoye energosberezheniye v pererabotke mineral'nogo syr'ya [Intensive energy saving in mineral processing]. - Astana: KazATU. -2018. —167p. (in Russ).
- [16] Klyuchnikov A.D. Metod predel'nogo energosberezheniya kak metodologicheskaya osnova formirovaniya energomaterialosberegayushchikh i ekologicheskikh sovershennykh teplotekhnologicheskikh sistem [The method of limiting energy saving as a methodological basis for the formation of energy-saving and environmentally perfect heat technology systems] // Coll. works. - No. 105. - M. : - Mosk. Energ. institute -1986. - P.3-7. (in Russ).
- [17] Dikhanbaev, B., Gomes, C., & Dikhanbaev, A. B. (2019). Energy Efficient System for Galena Concentrate

Processing. IEEE Access, 7, 23388–23395. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2895591> (in Eng).

[18] Baidauletova T. Pribyl' prinosit shlak [Profit brings slag] // Newspaper "South Kazakhstan". - 1999. - №43. – P.2. (in Russ).

[19] Dikhanbaev B.I. Razrabotka i sozdaniye energosberegayushchikh ustanovok po pererabotke tsinksoderzhashchikh otkhodov na baze reaktora inversii faz [Development and creation of energy-saving plants for processing zinc-containing waste based on the reactor inversion phase] // Industry of Kazakhstan. –2003. –№4. –P.79-81. (in Russ).

[20] Dikhanbaev A.B., Dikhanbaev B.I. Sloy rasplava s inversiyey faz – vysokoeffektivnyy sposob obrabotki shlakov [A melt layer with phase inversion is a highly efficient method of slag processing] // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â/Complex Use of Mineral Resources/Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu. -Almaty, -2011. - №2. -P.44-51. www.kims-imio.kz (in Russ).

[21] Dikhanbaev A.B., Dikhanbaev B.I. Razrabotka energosberegayushchego sposoba dlya pererabotki tekhnogennykh otkhodov [Development of an energy-saving method for processing industrial waste] // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â/Complex Use of Mineral Resources/Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu. 2019, 4(311), 82–92. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.41> (in Russ).

[22] Wieser, M. E., Holden, N., Coplen, T. B., Böhlke, J. K., Berglund, M., Brand, W. A., ... Zhu, X.-K. (2013). Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry, 85(5), 1047–1078. <https://doi.org/10.1351/pac-rep-13-03-02> (in Eng).

[23] Outokumpuhs Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium Software with Extensive Thermochemical Database. Version 5.1. October 31, 2002. (in Eng).

[24] Application No. 67883 - Patent RK na izobreteniyе. Sposob utilizatsii dioksida ugleroda v otkhodyashchikh gazakh agregatov [RK patent for invention. Method of utilization of carbon dioxide in waste gases of units] / A.B. Dikhanbaev, B.I. Dikhanbaev. Publ. 07/01/2020. (in Russ).

[25] Dikhanbaev A.B., Dikhanbaev B.I. Prognoznnyye kharakteristiki ustanovki po pererabotke otval'nykh tsinksoderzhashchikh shlakov [Predictive characteristics of the installation for the processing of dump zinc-containing slag] // Proceedings of the international scientific research. practical conf. "Perspective directions of development of chemistry and chemical technology". –Shymkent, 1999. –P.137-138. (in Russ).