

Раздел 1. «Металлургия»УДК 669
МРНТИ 53.01.77А.Х. Нурумгалиев¹, А.Т. Пушанова¹*Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан***Термодинамическое моделирование процесса, протекающий в ходе восстановления вещества из красного шлама с использованием программного комплекса FactSage.**

Флюс для разжижения шлама в конвертере, отличающийся тем, что в качестве флюса используют красную глину, которая содержит смесь оксидов алюминия, железа, кремния, магния, кальция, титана и т.д.

Технологические процессы, используемые в производстве алюминия, генерируют разнообразные отходы, такие как красные шламы, пыль и газы, которые могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду. Важность устойчивого управления отходами становится приоритетной задачей, не только для промышленности, но и для общества в целом. В условиях глобальных экологических вызовов, активное внедрение практик, направленных на снижение воздействия на окружающую среду, становится необходимостью.

Ключевые слова: отходы, красный шлам, ресурсосбережение, процесс Байера, утилизация, вторичный материал, промышленные отходы, флюс.

Введение

Алюминий по распространённости в земной коре занимает 3-е место среди элементов, уступая кислороду и кремнию, является наиболее часто производимым цветным металлом благодаря своим превосходным свойствам, таким как легкость, устойчивость к коррозии и возможность бесконечной переработки.

Несмотря на многочисленные преимущества использования и переработки алюминия, есть и неизбежные побочные продукты в виде неметаллических отходов (красный шлам, алюминиевая белая окалина и т.д.), которые в свою очередь экологически вредны. Перерабатывая таких отходов для производства алюмината кальция и используя в качестве флюса в сталеплавильном производстве, можно получить экономическую выгоду и решать проблемы по экологии сохранения окружающей среды и комплексного использования природных источников.

Задачи исследования: Изучение технологии переработки отходов алюминиевого производства, с получением алюмината кальция, определить перспективный (оптимальный) состав флюса для сталеплавильного производства. Исследование физико-химических свойств исходных материалов для получения алюмината кальция. Термодинамическое моделирование процесса, протекающий в ходе восстановления вещества из шлаковых отвалов, с использованием программного комплекса FactSage. Проведение серии опытов по повышению чистоты глинозема (Al_2O_3) в составе шлама алюминиевого производства и удаление азота (N) в специальных печах [1].

Производство глинозема часто сопровождается образованием красного шлама, представляющего значительную проблему для окружающей среды. Красный шлам, образующийся в процессе производства глинозема, представляет собой значительный отход, который часто становится экологической проблемой. Эта статья рассматривает возможности использования красного шлама в производстве стали с целью не только устранения проблемы отходов, но и улучшения технологических и экологических характеристик металлургических процессов.

Раздел 1. «Металлургия»

Методы и материалы

Термодинамическое моделирование играет значительную роль в математическом описании процессов, осуществляемых в металлургических системах, в частности, в жидких и затвердевающих сталях. Информация о термовременной природе образующихся фаз может быть эффективно использована для решения многих задач в металлургии: оптимизации состава шлака, управления составом и количеством неметаллических включений, определения критических точек полиморфных превращений и т.д.

Стабильное или равновесное состояние системы характеризуется глобальным минимумом одной из функций состояния (энергия Гиббса G , Гельм-Гольца F , энтальпия H , внутренняя энергия U) при заданных определенных термодинамических параметрах [1]. При попадании же в область локального минимума система переходит в метастабильное состояние равновесия.

Для расчетов, связанных с металлургическими системами, удобно использовать свободную энергию Гиббса $G = f(P, T)$. В данном случае аналитически условие равновесия выражается следующим образом:

$$GG = \min, (1.1)$$

$$dG = 0; d^2G \geq 0; (1.2)$$

В общем виде, полный дифференциал свободной энергии Гиббса определяется, как:

$$dG = -SdT + VdP + \sum \mu_i dn_i + \sum z_i F \varphi_i dn_i \dots (1.3)$$

где S - энтропия, Дж/К; T - температура, К; V - общий объем, м³;

P - давление, Па (атм); n_i , μ_i , z_i , φ_i - количество, моль; химический потенциал, Дж/моль; валентность и электрический заряд (Кл) i - го фазового компонента соответственно.

Уравнения (1.1) и (1.2) лежат в основе двух принципов (методов) количественного описания равновесия многокомпонентных систем – метод, основанный на поиске глобального минимума свободной энергии системы, и метод стехиометрических реакций (классический метод) соответственно [2].

FactSage®, одна из крупнейших в мире полностью интегрированных вычислительных систем баз данных в области химической термодинамики, была представлена в 2001 году и представляет собой объединение термохимических пакетов FACT-Win/F*А*С*Т и ChemSage/SOLGASMIX. FactSage является результатом более чем 20-летнего сотрудничества Thermfact/CRCT (Монреаль, Канада) www.crct.polymtl.ca и GTT-Technologies (Аахен, Германия) www.gtt-technologies.de.

База по интерметаллидам и растворам SGTE содержит проверенную информацию по множеству двойных, тройных и четверных металлических систем, включающих благородные металлы, припои и полупроводники.



Рисунок 8 – Главное меню программы FactSage

Раздел 1. «Металлургия»

Модуль Equilib является основным рабочим модулем FactSage, использующим принцип поиска минимума свободной энергии Гиббса системы. Данный программный блок вычисляет концентрации химических компонентов после взаимодействия заданных исходных веществ до достижения глобального равновесия. Ввод исходных данных для расчета осуществляется пользователем поэтапно. Вначале вводится количество и тип исходных реагентов, затем назначаются все возможные чистые вещества и растворы в данной системе, и, наконец, выбираются значения постоянных параметров, таких как, температура и давление.

Модули по базе данных:

View Data

Compound

Solution

Модули для расчета:

Reaction

Predom

EрH

Equilib

Phase Diagram

OptiSage

Модули по манипулированию:

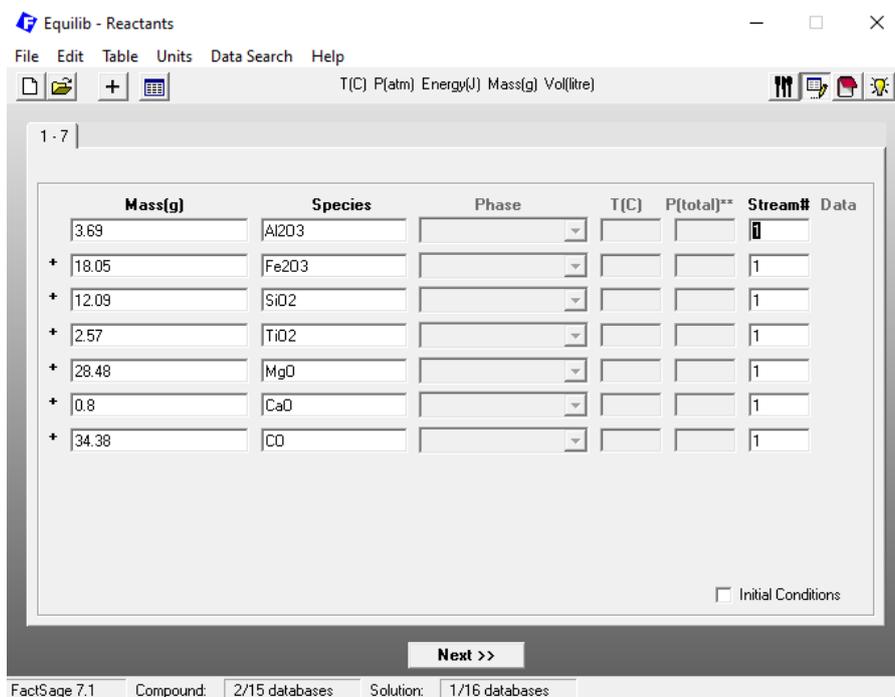
Results

Mixture

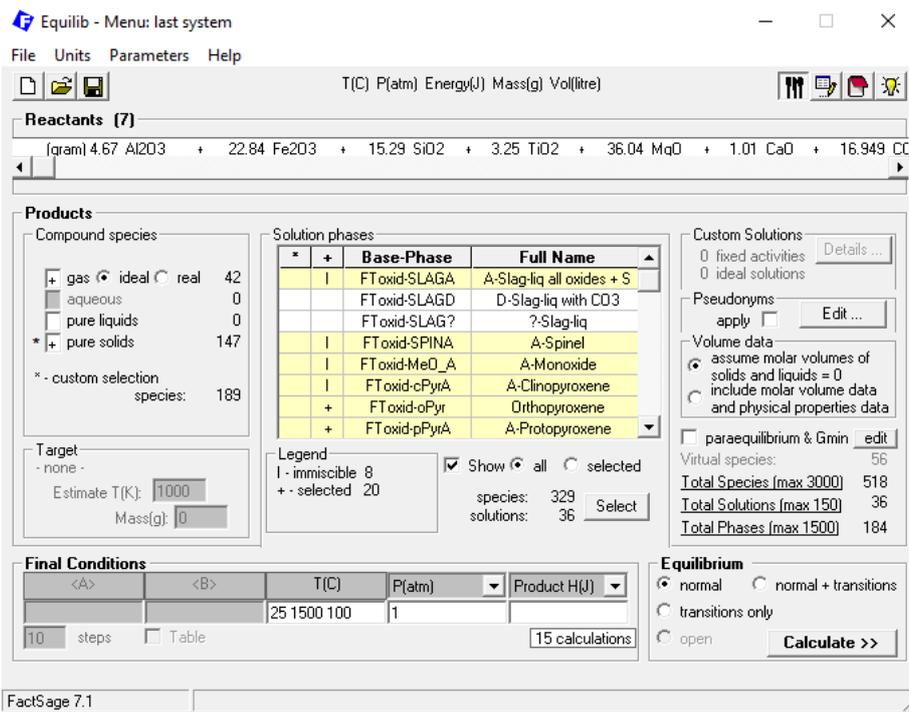
Figure

Результаты и обсуждение

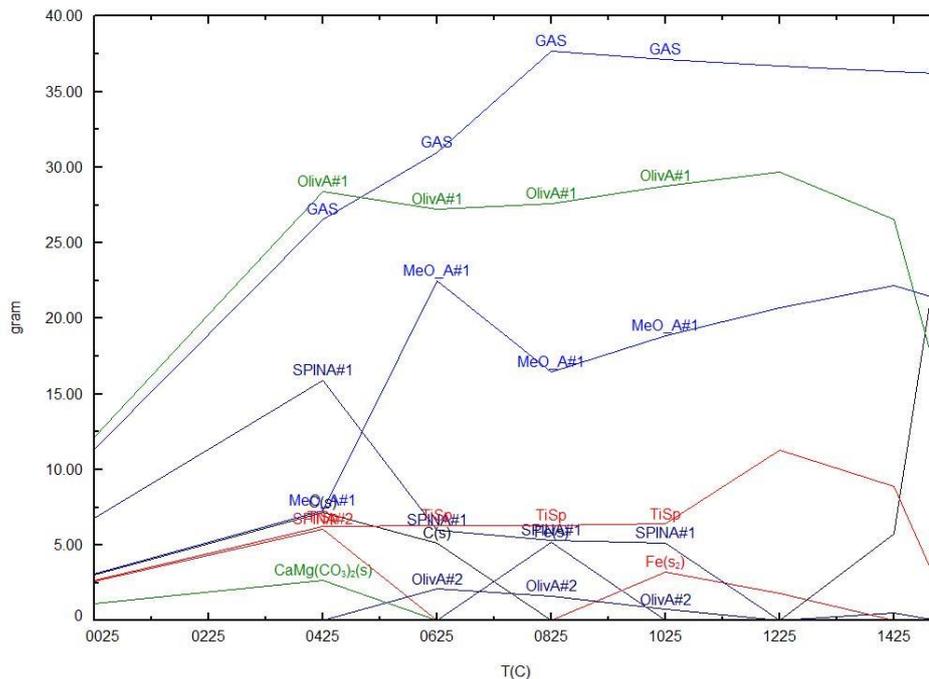
Модуль Equilib — это рабочая лошадка FactSage по минимизации энергии Гиббса и самая популярная программа. Он рассчитывает концентрации химических веществ, когда определенные элементы или соединения реагируют или частично реагируют, достигая состояния химического равновесия. Equilib использует алгоритм минимизации энергии Гиббса и термодимические функции ChemSage и предлагает большую гибкость в способах выполнения расчетов. Например, разрешено следующее: выбор единиц измерения (K, C, F, bar, atm, psi, J, cal, BTU, kwh, mol, wt.%, ...); бездействующие фазы в равновесиях; равновесия, ограниченные относительно T, P, V, H, S, G, U или A или их изменений; действия продукта, определяемые пользователем (затем рассчитываются количества реагентов); указанные пользователем данные о соединениях и растворах; и многое другое. Возможны фазовое нацеливание и одномерные фазовые отображения с автоматическим поиском фазовых переходов.



Раздел 1. «Металлургия»



3,69 Al₂O₃ 18,05 Fe₂O 12,09 SiO₂ 2,57 TiO₂ 28,48 CaO 0,80 MgO 34,38 CO



Восстановление алюминия. На расплав накладывают переменный электрический ток, алюминий восстанавливают при температуре 1000 - 1100°C, а восстановителем служит углерод графитовых электродов, при этом в качестве фторидов металлов используют криолит. Восстановление оксида алюминия углеродом осуществляют при температурах выше 2000°C. Недостатком электротермического способа получения алюминия являются высокие (выше 2000°C) температуры процесса и связанная с этим необходимость использования громоздких и сложных рудовосстановительных печей [4].

Раздел 1. «Металлургия»*Выводы*

Из-за отсутствия эффективных технологий переработки основная масса красных шламов не используется и складывается в специальных шламохранилищах, которые оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду.

Неправильная утилизация и преднамеренный выброс красного шлама в реки и озера наносит вред окружающей среде. Растворимые компоненты красного шлама дождевыми и тальными водами попадают в водоемы, реки, озера, подземные воды и приводит к гибели растительности. Постоянное накопление красного шлама несет нагрузку на хранилища, которые занимают большие площади и несут угрозу на близлежащие населенные пункты, как это случилось в Венгрии. С другой стороны, эти отходы содержат нужные компоненты для производства. Указанные факторы служат основанием для поиска эффективных методов их переработки [3,5].

Список литературы:

- [1; 110] казаков А. А. Основы металлургической экспертизы. Численное моделирование фазовых превращений в жидкой и затвердевающей стали: учебное пособие. учебное пособие / А. А. Казаков, С. В. Рябошук - Санкт-Петербург: политехническое издательство. Университет, 2013. – 110 С.
- [2; 4] изучение методов переработки красной жижи и оценка возможности разработки / К. З. Жумашев, Хми им. Ж. М. Ломоносова. Абишева, филиал РГП НК КПМС РК, Караганда, Казахстан А. К. Мерчант, КГИУ им. А. М. Кутжанова, Темиртау, Казахстан
- [3; 547] Трушко В. Л., Утков В. А., Бажин В. Ю. актуальность и возможности комплексной переработки красного шлама глиноземного производства // Записки Горного института. 2017. Т. 227.С. 547-553. doi: 10.25515/PMI.2017.5.547
- [4; 36] Кожевников Г. Н., Водопьянов А. Г., Панков В. А., Кузьмин Б. П. совместная комплексная переработка бокситов и красных шламов // цветные металлы. 2013. № 12.С. 36-39.
- [5; 5] извлечение алюминия при комплексной переработке красного шлама / А. В. Бояринцев [и др.] // Д. И. Менделеев, Россия.

А.Х. Нурумгалиев ¹, А.Т. Пушанова ¹

Қарағанды индустриялық университеті, Темиртау, Қазақстан

Factsage бағдарламалық кешенін пайдалана отырып, Қызыл шламнан затты қалпына келтіру барысында жүретін процесті термодинамикалық модельдеу.

Түрлендіргіштегі қожды сұйылтуға арналған ағын, алюминий, темір, кремний, магний, кальций, титан және т. б. оксидтерінің қоспасы бар қызыл сазды ағын ретінде қолданумен ерекшеленеді.

Алюминий өндірісінде қолданылатын технологиялық процестер қоршаған ортаға теріс әсер етуі мүмкін қызыл шламдар, шаң және газдар сияқты әртүрлі қалдықтарды шығарады. Қалдықтарды тұрақты басқарудың маңыздылығы өнеркәсіп үшін ғана емес, жалпы қоғам үшін де басымдыққа айналады. Жаһандық экологиялық сын-қатерлер жағдайында қоршаған ортаға әсерді азайтуға бағытталған тәжірибелерді белсенді енгізу қажеттілікке айналады.

Түйін сөздер: қалдықтар, қызыл шлам, ресурстарды үнемдеу, Байер процесі, кәдеге жарату, қайта өңдеу материалы, Өндірістік қалдықтар, ағын.

Раздел 1. «Металлургия»A.H. Nurumgaliev ¹, A.T. Pushanova ¹*Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan***Thermodynamic modeling of the process occurring during the recovery of a substance from red sludge using the FactSage software package.**

Flux for liquefying slag in a converter, characterized in that red clay is used as a flux, which contains a mixture of aluminum oxides, iron, silicon, magnesium, calcium, titanium, etc. The technological processes used in the production of aluminum generate a variety of waste products, such as red sludge, dust and gases, which can have a negative impact on the environment. The importance of sustainable waste management is becoming a priority, not only for industry, but also for society as a whole. In the context of global environmental challenges, the active implementation of practices aimed at reducing environmental impact is becoming a necessity.

Key words: waste, red sludge, resource conservation, Bayer process, recycling, secondary material, industrial waste, flux.

List of literature:

[1; 110] Kazakov A. A. Fundamentals of metallurgical expertise. Numerical modeling of phase transformations in liquid and solidifying steel: textbook. manual / A. A. Kazakov, S. V. Ryaboshuk - St. Petersburg: Polytechnic Publishing House. University, 2013. – 110 p.

[2; 4] Studying methods for processing red mud and assessing the possibility of development, K. Z. Zhumashev, KhMI im. Zh. Abisheva, branch of the RSE NC CPMS RK, Karaganda, Kazakhstan A. K. Merchant, A. M. Kutzhanova KGIU, Temirtau, Kazakhstan

[3; 547] Trushko V.L., Utkov V.A., Bazhin V.Yu. Relevance and possibilities of complete processing of red mud from alumina production // Notes of the Mining Institute. 2017. T. 227. pp. 547–553. doi: 10.25515/PMI.2017.5.547

[4; 36] Kozhevnikov G.N., Vodopyanov A.G., Pankov V.A., Kuzmin B.P. Joint complex processing of bauxite and red mud // Non-ferrous metals. 2013. No. 12. pp. 36–39.

[5; 5] Extraction of aluminum during complex processing of red mud, A.V. Boyarintsev..., Russian Chemical-Technological University named after. DI. Mendeleev, Russia.