НЕПРЕРЫВНАЯ ОЧИСТКА ЦИНКОВЫХ РАСТВОРОВ ОТ ПРИМЕСЕЙ ЦИНКОВОЙ ПЫЛЬЮ: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Эшонкулов Учқун Худойназар ўғли
[1]Каршинский государственный технический университет. Карши.г.
PhD Доцент.
Чоршанбиев Шахрух Бахром ўғли
Термезский государственный инженерный и агротехнологический университет. Ассистент
Термез.
Тел.: +99899 333 99 22
E-mail: *shohruhchorshanbiyev7@gmail.com*
Эшназаров Мустафо Шоймардонович.
Термезский государственный инженерный и агротехнологический университет. Ассистент
Термез.

Аннотация: В статье рассмотрен процесс непрерывной очистки цинковых растворов от меди, кадмия, кобальта и никеля с применением цинковой пыли. Приведены сравнительные характеристики периодического и непрерывного процессов, проанализированы промышленные и лабораторные испытания, показаны пути автоматизации. Подчеркивается снижение расхода реагентов, повышение извлечения металлов и улучшение условий эксплуатации.

Ключевые слова : цинковые растворы, непрерывная очистка, периодическая очистка, цинковая пыль, медь, кадмий, кобальт, никель, цементация, электролиз, сорбция, иониты, АНБК-1, АНБК-7, селективность, амфолиты, классифицирующие цементаторы, корольки, гидроциклон, агитатор, автоматизация, антимонил калия, серная кислота, фильтрация, пульпа, расход реагентов, эффективность, извлечение металлов, трудозатраты, промышленные испытания, лабораторные исследования, сорбционная технология, элюат, обратное растворение, оптимизация.

Abstract: The article examines the process of continuous purification of zinc solutions from copper, cadmium, cobalt, and nickel using zinc dust. Comparative characteristics of periodic and continuous processes are presented, industrial and laboratory tests are analyzed, and automation methods are shown. It emphasizes the reduction of reagent consumption, increased metal extraction, and improved operating conditions.

Keywords: zinc solutions, continuous purification, periodic purification, zinc dust, copper, cadmium, cobalt, nickel, cementation, electrolysis, sorption, ion exchangers, ANBK-1, ANBK-7, selectivity, ampholytes, classifying cementers,

corals, hydrocyclone, agitator, automation, potassium antimonyl, sulfuric acid, filtration, pulp, reagent consumption, efficiency, metal extraction, labor costs, industrial tests, laboratory research, sorption technology, eluate, reverse dissolution, optimization.

Annotatsiya: Maqolada rux eritmalarini mis, kadmiy, kobalt va nikeldan rux kukuni yordamida uzluksiz tozalash jarayoni ko‘rib chiqilgan. Davriy va uzluksiz jarayonlarning qiyosiy tavsiflari keltirilgan, sanoat va laboratoriya sinovlari tahlil qilingan, avtomatlashtirish yo‘llari ko‘rsatilgan. Reagentlar sarfini kamaytirish, metallarni ajratib olishni oshirish va ekspluatatsiya sharoitlarini yaxshilash ta’kidlangan.

Kalit so‘zlar : rux eritmalari, uzluksiz tozalash, davriy tozalash, rux kukuni, mis, kadmiy, kobalt, nikel, sementatsiya, elektroliz, sorbsiya, ionitlar, ANBK-1, ANBK-7, selektivlik, amfolitlar, tasniflovchi sementatorlar, korolkalar, gidrotsiklon, agitator, avtomatlashtirish, kaliy antimonil, sulfat kislota, filtrlash, bo‘tana, reagentlar sarfi, samaradorlik, metallarni ajratib olish, mehnat sarfi, sanoat sinovlari, laboratoriya tadqiqotlari, sorbsion texnologiya, elyuat, teskari eritish, optimallashtirish.

Введение

Очистка цинковых растворов от примесей меди, кадмия, кобальта и никеля является важнейшей технологической задачей гидрометаллургии цинка. Качество цинкового электролита определяет стабильность электролитического извлечения металла, его энергетическую эффективность и чистоту конечного продукта. Поэтому совершенствование процессов очистки растворов играет ключевую роль в развитии современного производства цветных металлов.Традиционно применяются два подхода: периодическая и непрерывная очистка растворов с использованием цинковой пыли. Периодический метод исторически был основным, однако он характеризуется высокими затратами цинковой пыли, значительными трудозатратами и менее стабильным качеством раствора. В то же время непрерывные процессы цементации и очистки позволяют достичь большей автоматизации, оптимизации расхода реагентов и повышения качества растворов, что подтверждается практикой крупнейших предприятий мира, включая завод «Электроцинк» и завод фирмы *Anaconda* (США). Сравнительные данные (табл. 1) показывают, что при переходе от периодической к непрерывной очистке расход цинковой пыли снижается более чем в два раза (с 124,7 до 54,3 кг на чан). Кроме того, количество рабочих уменьшается с 3 до 1 человека в смену, что отражает снижение трудоемкости. Продолжительность процесса сокращается с 120 до 80 минут,

ISSN 3030-3907

а общее количество агитаторов уменьшается с 28 до 16, что говорит о рационализации производственных мощностей.

Таблица 1

Сравнение показателей периодического и непрерывного процессов очистки растворов цинковой пылью

Показатель	Очистка	
	периодическая	непрерывная
исло рабочих в смену, чел.	3	1
Расход цинковой пыли на 1 чан, кг	124,7	54,3
Оптимальное время, мин Общее	120	80
количество чанов в работе	28	16

С точки зрения химической кинетики, процесс цементации меди и кадмия характеризуется высокой скоростью протекания реакций и термодинамической благоприятностью. Основным восстановителем в системе служит цинковая пыль, обладающая более отрицательным электродным потенциалом (–0,76 В по сравнению с медью +0,34 В и кадмием –0,40 В), что обеспечивает эффективное вытеснение ионов меди и кадмия из раствора в металлическую форму. В результате реакции замещения достигается степень извлечения меди до 99 %, а кадмия — до 98 %, что свидетельствует о высокой селективности и кинетической активности процесса.

В то же время осаждение кобальта и никеля представляет более сложную задачу из-за их электрохимических потенциалов, близких к потенциалу цинка, что снижает термодинамическое преимущество реакции. Для интенсификации процесса применяются активаторы — комплексообразующие реагенты, такие как виннокислый антимонил калия и соль Шлиппе ($Na_3SbS_4 \cdot 9H_2O$), которые изменяют электрохимические свойства системы, способствуя селективному восстановлению ионов кобальта и никеля. Эти добавки формируют промежуточные комплексы, понижающие энергетический барьер реакции и обеспечивающие более глубокое осаждение примесей, повышая степень очистки цинковых растворов до технологически приемлемого уровня.

ISSN 3030-3907

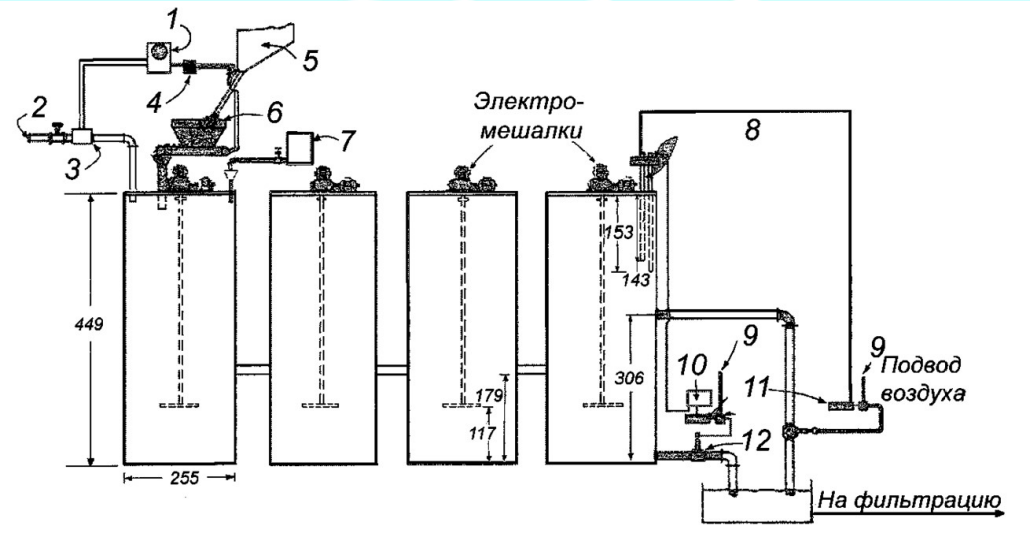


Рис. 2. Схема установки непрерывной очистки раствора цинковой пылью в одну стадию: 1 – регулятор потока; 2 – нейтральный раствор; 3 – магнитный расходомер; 4 – регулятор скорости; 5 – бункер с цинковой пылью; 6 – подающий транспортер; 7 – винно-кислый антимонил калия; 8 – электроды уровнемера; 9 – подача воздуха; 10 – реле времени; 11 – селеноидный клапан; 12 – регулирующий клапан

На заводе «Электроцинк» были проведены исследования очистки растворов от никеля с использованием цинковых дроссовых корольков и грубой цинковой пыли. Экспериментально установлено, что соотношение Zn/(Cu+Cd) увеличивается до 1590, что значительно превосходит показатели обычных цементаторов (около 3). В результате удается достичь остаточного содержания меди менее 0,1 мг/л, кадмия — 1,0 мг/л, никеля — 1,0 мг/л. Таким образом, использование специальных классифицирующих цементаторов и различных фракций цинковых материалов обеспечивает более глубокую очистку растворов. Особое внимание заслуживает сорбционная технология очистки, разработанная ВНИИцветметом. Использование амфолитов АНБК-1 и АНБК-7 позволило достичь селективного извлечения никеля с прямым извлечением около 90 %. Причем установлено, что сродство к ионитам выше у меди, затем у никеля. Это свойство может быть использовано в практике комплексной очистки растворов. Десорбция никеля серной кислотой позволяет получать концентрированные растворы никеля (22–33 г/л) при сопутствующем содержании кадмия и цинка. Несмотря на незначительное соизвлечение кадмия, его можно эффективно возвращать в процесс после цементации. Эти результаты демонстрируют перспективность сорбционных методов как дополнительного звена технологической цепочки.

Большие перспективы связаны с автоматизацией непрерывной очистки. На заводе *Great Falls* (Anaconda, США) реализована система, включающая четыре технологические линии по четыре агитатора каждая.

ISSN 3030-3907

Автоматизация подачи цинковой пыли, регулирование скорости раствора и поддержание уровня в агитаторах обеспечиваются комплексом датчиков и пневматических клапанов. Такая система исключает вероятность обратного растворения кадмия, вызванного неравномерностью потока. Важным элементом являются реле времени, которые периодически удаляют тяжелые взвеси, предотвращая накопление инертных частиц и стабилизируя процесс.

Таким образом, преимущества непрерывной очистки можно охарактеризовать следующим образом:

1. **Снижение расхода реагентов** — в 2–2,5 раза по сравнению с периодической очисткой.
2. **Повышение степени извлечения металлов** — достигается стабильное содержание меди менее 0,1 мг/л и кадмия менее 0,001 г/л в очищенном растворе.
3. **Рационализация производственных мощностей** — сокращение числа агитаторов и рабочих.
4. **Автоматизация процессов** — внедрение датчиков, пневматических клапанов и реле времени повышает надежность работы и исключает человеческий фактор.
5. **Перспективы интеграции сорбционных технологий** — позволяют углубить очистку от никеля и других примесей, расширив функциональные возможности процесса.

С инженерно-технологической точки зрения, будущее очистки цинковых растворов связано с комбинированием цементации и сорбции, оптимизацией режимов подачи реагентов, автоматизацией управления потоками и внедрением интеллектуальных систем контроля. Такой подход обеспечит не только экономию ресурсов, но и повышение экологической безопасности производства, так как минимизируется количество отходов, содержащих тяжелые металлы.

Заключение

Анализ промышленных и лабораторных данных показывает, что переход к непрерывной очистке цинковых растворов цинковой пылью обеспечивает значительное снижение расхода реагентов и трудозатрат, повышение качества электролита и извлечения цветных металлов. Дополнительное применение сорбционных технологий углубляет очистку от никеля и меди. Автоматизация процессов способствует стабильности и надежности работы систем, исключая человеческий фактор. Таким образом, дальнейшее совершенствование процессов связано с интеграцией цементации, сорбции и автоматизированного контроля, что отвечает

ISSN 3030-3907

современным требованиям устойчивого и ресурсосберегающего производства.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.П. Романтеев, А.Н. Федоров, СВ. Быстров. Металлургия цинка и кадмия Кипящий слой в цветной металлургии/ Д.Н. Клушин, Ф.А. Мызенков, Г.Я.Лейзерович и др. – М.: Металлургия, 1978. 279 с.
2. Лакерник М.М. Электротермия в металлургии меди, свинца и цинка. М.: Ме- таллургия, 1971. 296 с.
3. Лакерник М.М., Пахомова Г.Н. Металлургия цинка и кадмия. М.: Металлургия, 1969. 486 с.

ISSN 3030-3907