ПРАКТИКА ЦЕМЕНТАЦИИ КАДМИЯ ИЗ ЦИНКОВЫХ РАСТВОРОВ: СРАВНЕНИЕ ОДНОСТАДИЙНЫХ И ДВУХСТАДИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Эшонкулов Учқун Худойназар ўғли

Каршинский государственный технический университет. Карши.г. PhD Доцент.

Чоршанбиев Шахрух Бахром ўғли. Ассистент

Термезский государственный инженерный и агротехнологический университет. Термез.

Тел.: +99899 333 99 22

E-mail: shohruhchorshanbiyev7@gmail.com

Ахматов Собир Фарход ўғли. Ассистент

Термезский государственный инженерный и агротехнологический университет. Термез.

Аннотация: В статье рассматриваются особенности одностадийной и двухстадийной цементации кадмия из цинковых растворов. Проведен сравнительный анализ технологических схем, определены их преимущества и ограничения, обозначены перспективы совершенствования процессов с целью повышения извлечения и экологической устойчивости.

Ключевые слова: кадмий, медь, цинковые растворы, цементация, одностадийный процесс, двухстадийный процесс, медно-кадмиевый кек, фильтрация, цинковая пыль, гидроциклон, антимонат натрия, соль Шлиппе, кобальт, мышьяк, извлечение, гидрометаллургия, комплексная переработка, очистка растворов, электролиз, примеси, цветные металлы, редкие металлы, циркуляция продуктов, промышленная значимость, экологическая эффективность.

Abstract: This article examines the specifics of single-stage and two-stage cementation of cadmium from zinc solutions. A comparative analysis of the technological schemes was conducted, their advantages and limitations were identified, and the prospects for improving processes to enhance extraction and environmental sustainability were outlined.

Keywords: cadmium, copper, zinc solutions, cementation, single-stage process, two-stage process, copper-cadmium cake, filtration, zinc dust, hydrocyclone, sodium antimonite, Slippe salt, cobalt, arsenic, extraction, hydrometallurgy, complex processing, solution purification, electrolysis, impurities, non-ferrous metals, rare metals, product circulation, industrial significance, environmental efficiency.

Annotatsiya: Maqolada rux eritmalaridan kadmiyni bir bosqichli va ikki bosqichli sementatsiyalashning o‘ziga xos xususiyatlari ko‘rib chiqilgan. Texnologik

sxemalarning qiyosiy tahlili o‘tkazildi, ularning afzalliklari va cheklovlari aniqlandi, qazib olish va ekologik barqarorlikni oshirish maqsadida jarayonlarni takomillashtirish istiqbollari belgilandi.

Kalit so‘zlar: kadmiy, mis, ruxli eritmalar, sementatsiya, bir bosqichli jarayon, ikki bosqichli jarayon, mis-kadmiyli kek, filtrlash, rux kukuni, gidrotsiklon, natriy antimonati, Shlippe tuzi, kobalt, mishyak, ajratib olish, gidrometallurgiya, kompleks qayta ishlash, eritmalarni tozalash, elektroliz, aralashmalar, rangli metallar, nodir metallar, mahsulotlar sirkulyatsiyasi, sanoat ahamiyati, ekologik samaradorlik.

Введение

Комплексная переработка полиметаллического сырья требует рационального выделения и концентрирования цветных и редких металлов, среди которых кадмий занимает особое место. Ценность кадмия определяется его применением в аккумуляторной промышленности, гальванотехнике, легирующих сплавах, а также в производстве пигментов и специальных полупроводниковых материалов. Одним из наиболее распространенных и эффективных способов его выделения из цинковых растворов является цементация, обеспечивающая высокую степень извлечения и удовлетворительное качество медно-кадмиевых концентратов. Современная практика металлургии цинка включает как одностадийную, так и двухстадийную цементацию. Эти процессы отличаются организацией технологических схем, условиями проведения и конечным составом продуктов. Наибольшее распространение получили именно эти два варианта, так как они позволяют эффективно осаждать кадмий и медь при оптимальном соотношении производственных затрат и качества кеков.

ISSN 3030-3907

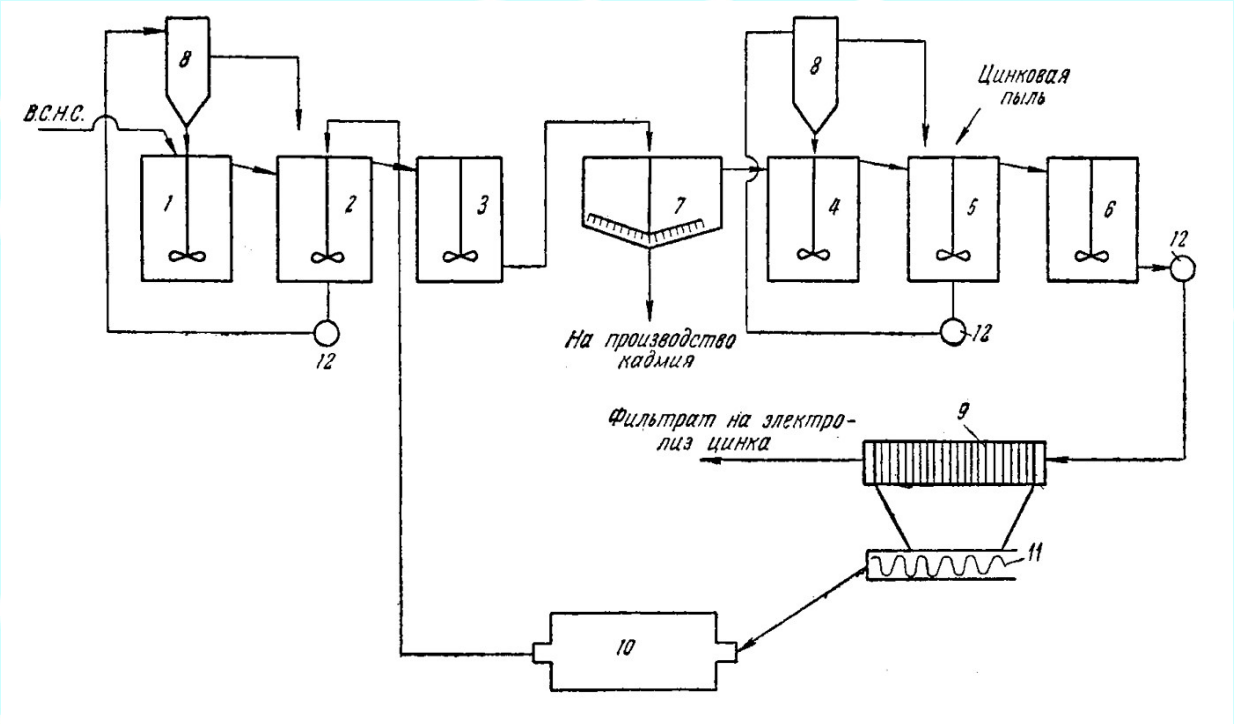


Рис. 1. Схема цепи аппаратов двухстадийного противоточного осаждения меди и кадмия (по Багаеву и Елизарову): 1–6 – цементаторы; 7 – сгуститель; 8 – гидроциклоны; 9 – фильтр-пресс; 10 – шаровая мельница; 11 – шнековый питатель; 12 – центробежные насосы

Одностадийная цементация применяется в случаях, когда необходимо простое и относительно быстрое извлечение меди и кадмия из цинковых растворов. Ключевым фактором, определяющим результативность процесса, является содержание твердых взвесей. Верхний слив нейтральных сгустителей (ВСНС) может содержать более 0,5 г/л взвеси, что приводит к ухудшению процесса цементации. Взвешенные частицы способствуют разубоживанию медно-кадмиевого кека и увеличению расхода цинковой пыли. На практике доказано, что фильтрация исходного раствора значительно повышает качество конечного продукта. Так, при содержании кадмия 350 мг/л в профильтрованном растворе удается получить кек с 7–8 % кадмия, тогда как при наличии даже 1 мг/л взвеси доля кадмия в кеке снижается до 5 %. Это подтверждает критическую важность предварительной очистки растворов.

Одностадийная схема предусматривает загрузку ВСНС в цементаторы до 3/4 объема, включение мешалки и последующую дозировку цинковой пыли. Последняя вносится в количестве, превышающем теоретическую норму на 200–250 %. Такой избыток необходим для компенсации влияния мышьяка и других примесей, тормозящих реакции осаждения. Дополнительно на ряде предприятий практикуется оставление 10–15 кг цинковой пыли в резерве для предотвращения обратного растворения

ISSN 3030-3907

кадмия. Фильтрация после цементации позволяет достичь остаточного содержания кадмия менее 5 мг/л и меди – 0,1–0,2 мг/л. При этом степень извлечения составляет около 98 % для кадмия и 99 % для меди. Двухстадийная цементация отличается большей сложностью и технологической гибкостью. Она применяется, когда необходимо разделение меди и кадмия либо более глубокая очистка растворов. Существуют два варианта:

При высоком содержании меди в растворе получают медный кек и богатый кадмием медно-кадмиевый кек. Первый используется для очистки цинковых растворов от хлора или направляется на медеплавильные заводы.

При преобладании кадмия формируются два медно-кадмиевых кека различного состава, оба из которых отправляются в кадмиевое производство.

Двухстадийный процесс цементации цветных металлов из цинковых растворов представляет собой высокоэффективную технологическую схему, основанную на последовательной дифференцированной осадке меди, кадмия и кобальта. На **первой стадии** цементация осуществляется в трёх последовательно соединённых агитаторах с интенсивным механическим перемешиванием. В систему вводится оборотный кек, полученный после фильтрации на второй стадии, что способствует увеличению поверхности контакта твёрдой и жидкой фаз, ускоряя кинетические реакции замещения. Дополнительно используется гидроциклон для возврата крупнозернистых частиц, содержащих до 50 % цинка. Этот приём позволяет стабилизировать состав пульпы, интенсифицировать процесс осаждения и повысить степень использования восстановителя. Продукт первой стадии характеризуется содержанием 15–17 % меди, 4–5 % кадмия и около 30 % цинка, что свидетельствует о частичном вытеснении целевых компонентов и формировании активной твердой фазы для дальнейших реакций.

Вторая стадия процесса также реализуется в трёх агитаторах и направлена на доочистку раствора от остаточных примесей меди, кадмия и кобальта. На данном этапе в систему дозируется цинковая пыль в строго рассчитанных количествах, обеспечивающих полное восстановление ионов примесных металлов. Оборотный кек после фильтрации вновь вовлекается в процесс, формируя замкнутый технологический контур, что снижает потери цинка и уменьшает объём отходов. Конечный очищенный раствор содержит не более 0,1 мг/л меди, 2,5 мг/л кадмия, 1,5 мг/л кобальта и 0,1 мг/л мышьяка, что полностью соответствует нормативам, предъявляемым к растворам, поступающим на электролиз цинка.

Для интенсификации осаждения кобальта вторая стадия дополняется введением активирующих добавок на основе сурьмы — антимоната натрия

ISSN 3030-3907

(Na_3SbO_4) или соли Шлиппе ($Na_3SbS_4 \cdot 9H_2O$) в соотношении 1 г сурьмы на 1 г кобальта. Эти реагенты способствуют активации поверхности частиц цинковой пыли, формируя промежуточные комплексы, понижающие энергетический барьер реакции восстановления. В результате повышается селективность цементации и достигается более глубокое извлечение примесных металлов при минимальном расходе реагентов. Следует отметить, что **одностадийная цементация**, несмотря на простоту конструкции и низкие капитальные затраты, характеризуется рядом ограничений.

Она требует тщательной предварительной фильтрации растворов для предотвращения пассивации поверхности цинка и сопровождается повышенным расходом цинковой пыли.

В то время как **двухстадийная схема** обеспечивает более полное разделение металлов, уменьшает остаточные концентрации примесей и способствует рациональному использованию промежуточных продуктов. Однако такая схема требует более сложной организации технологического процесса, постоянного контроля параметров среды (pH, Eh, концентрация ионов) и высокой квалификации обслуживающего персонала. В целом, двухстадийная цементация является оптимальным методом для промышленной очистки цинковых растворов, обеспечивающим высокую степень извлечения меди, кадмия и кобальта при сохранении экономической эффективности процесса.

Обе схемы демонстрируют высокую промышленную эффективность. Внедрение современных подходов направлено на сокращение расхода цинковой пыли, оптимизацию фильтрации и повышение экологичности процесса. Интерес представляют исследования по использованию альтернативных реагентов и катализаторов, которые могли бы снизить себестоимость и уменьшить нагрузку на окружающую среду. Цементация кадмия в одностадийных и двухстадийных вариантах является основным промышленным методом выделения кадмия из цинковых растворов. Первая схема удобна своей простотой и высокой скоростью, вторая — обеспечивает большую гибкость и глубину очистки. Современные исследования должны быть направлены на интеграцию этих процессов с новыми методами гидрометаллургии для достижения максимальной экономической и экологической эффективности.

Заключение

Проведенный анализ показал, что цементация кадмия является надежным и промышленно отработанным методом выделения металлов из цинковых растворов. Одностадийные схемы отличаются простотой и

ISSN 3030-3907

высокой скоростью, тогда как двухстадийные обеспечивают гибкость, более глубокую очистку и рациональное использование побочных продуктов. Современные направления исследований ориентированы на снижение расхода цинковой пыли, улучшение фильтрации и повышение экологической устойчивости, что открывает перспективы комплексного развития гидрометаллургии.

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.

4. Левин А.И. Электрохимия цветных металлов. М.: Металлургия, 1982. 255 с.

5. Лоскутов Ф.М. Металлургия свинца и цинка. М.: Металлургиздат, 1956. 480 с.

ISSN 3030-3907