ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ СЕРНОКИСЛОТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е.А. Важникова, *студент*
Н. Ф. Тарчигина, *канд. техн. наук, профессор*
Московский политехнический университет
(Россия, г. Москва)

DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11890

Аннотация. *Вовлечение твердых отходов в технологический процесс или применение их в качестве самостоятельного товарного продукта в иных отраслях решает экологические, технологические и экономические проблемы. Поэтому проблема утилизации отходов и использование их в качестве вторичного сырья актуальна. Анализ технологий по переработке твердых отходов сернокислотного производства позволил определить экологически и экономически выгодные методы.*

Ключевые слова: *экономика, окружающая среда, отходы, утилизация, переработка, серная кислота, огарок, пыль, селеновый шлам, катализаторы*

Экономика Российской Федерации на современном этапе характеризуется крайне высоким уровнем потребления материально-сырьевых ресурсов и как следствие - образования отходов. Свыше 30 млрд. тонн отходов производства и потребления накоплено в результате прошлой хозяйственной и иной деятельности [1]. Ежегодно образуется примерно 4 млрд. тонн. Отходы превращаются в проблему, представляющую реальную угрозу экологической безопасности Российской Федерации. По экспертным оценкам, ежегодно экономические потери, обусловленные ухудшением качества окружающей среды и связанными с ним экономическими факторами, без учета ущерба здоровью людей, составляют 4-6% валового внутреннего продукта.

Проблема размещения и утилизации отходов производства и потребления в последние годы выходит на первый план в большинстве стран мира. Поэтому переработка и использование твердых отходов производства, потребление и экономия на этой основе сырьевых и материально-энергетических ресурсов становятся в ряд важнейших социально-экономических, технических и экологических проблем современности и получают все больший приоритет в экономической политике большинства государств.

Свою долю в образовании отходов вносят и предприятия химической промышленности, в которой одним из основных продуктов широко применяемым, в различных отраслях является серная кислота. В зависимости от характеристик и качества отходов, физико-химических свойств определяется степень их использования в иных отраслях [2]. В результате достигается максимальная экономическая выгода.

Традиционно основными источниками сырья являются сера и железный (серный) колчедан. Твердыми отходами производства серной кислоты из колчедана являются: пиритные огарки со стадии обжига; пыли циклонов и сухих электрофильтров; шламы промывных башен и мокрых электрофильтров; отработанные ванадиевые катализаторы. При производстве серной кислоты из колчедана отходы пиритных огарков, составляют ≈ 70% от массы колчедана. На 1 т производимой кислоты выход огарка примерно составляет 450-550 кг. Усредненный состав огарка, получаемый на российских заводах, представлен в масс. %: железо Fe 47-55; сера S 0,5-1,5; цинк Zn 0,7-0,8; медь Cu 0,6-1,5; свинец PЬ 0,00-0,2; мышьяк As 0,08-0,1: минеральный остаток SiO_2+CaO+MgO 14-18 [3]. На сернокислотных заводах накоплено около 40 млн т пиритных огарков, причем ежегодно добавляется 7 млн т. Переработ-

ка и утилизация огарка представляет технические трудности.

Рассмотрим способы переработки пиритных огарков. Способ фирмы «Оутокумпу», Финляндия, предусматривающий плавку пиритных концентратов в нейтральной атмосфере с возгонкой серы, получение троилитового штейна, удаление шлака, грануляцию в воде штейна и его окислительный обжиг. Способ позволяет получить продукт, содержащий до 67% железа, но не может быть использован для переработки пиритных концентратов, содержащих цветные и благородные металлы.

Способ, разработанный итальянской фирмой «Монтекатини» включает стадии окислительного обжига измельченного пирита с получением SO_2 и огарка, магнетизирующего обжига огарка и магнитной сепарации его продуктов. Способ позволяет выделить до 93,2% Fe в железный концентрат, который подвергается окомкованию, обжигу и направляется в доменный передел. Этот способ, также как и вышеописанный пригоден лишь для переработки пиритных концентратов, не содержащих цветные и благородные металлы.

Способ фирмы «Кова-Сейко», Япония, включающий смешивание огарка с хлористым кальцием, окатывание, сушку и высокотемпературную (1250 ^{o}C) хлоридовозгонку, улавливание хлоридов цветных металлов и получение высокопрочных окатышей для доменного производства. Способ характеризуется достаточно высокими показателями по извлечению цветных и благородных металлов. Однако он может быть использован лишь для переработки пиритных огарков строгого химического и гранулометрического составов, что является существенным недостатком, сдерживающим его широкое промышленное распространение.

Технология низкотемпературного хлорирующего обжига. В качестве хлорирующего агента используют хлор, хлорид натрия или смесь хлора с воздухом, которые хлорируют оксиды и сульфиды металлов, присутствующие в огарке. Данная технология позволяет комплексно извлекать цветные и редкие металлы и перерабатывать железосодержащий остаток на чугун, при этом извлечение только одной меди из огарков, содержащих 0,5 масс. % Cu, уже является экономически оправданным.

Огарковая пыль, осаждаемая в сухих электрофильтрах, отличается от огарка несколько большим содержанием водорастворимых солей железа. Применение технологического процесса изображенного на рисунке позволяет использовать ее в качестве сырья для получения пигментов типа желтой охры, а нерастворимый остаток, состоящий в основном из оксида железа, служит в этом случае сырьём для приготовления пигментов типа мумии.

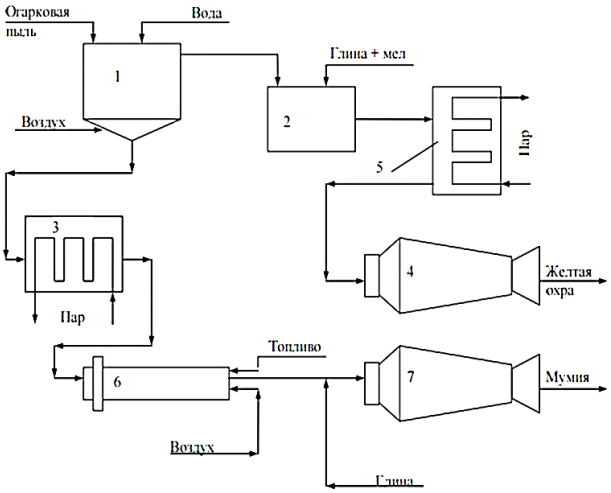

Рисунок. Схема производства желтой охры и мумии:
1 – реактор-растворитель; 2 – смеситель; 3, 5 – сушилки;
4, 7 – шаровые мельницы; 6 – обжиговая печь

При производстве серной кислоты из колчедана образуются селеновые шламы, которые подразделяются на бедные в зависимости от содержания и богатые. После обработки шламов они смешиваются и подаются на обжиг для извлечения селена. Из 1 т пирита получают 10-50 г селена, который применяют в электронной промышленности при изготовлении полупроводников, а также в производстве стекла. В колчеданах, применяемых для производства серной кислоты, содержится 0,002−0,02 % селена; отходы переработки колчедана являются основным источником получения селена. Учитывая, что содержание его в земной коре составляете $8 \cdot 10^{-5}$ %.данные отходы являются ценным вторичным сырьем.

В производства серной кислоты контактным способом окисление диоксида серы реализуется контактным способом с применением катализаторов. В настоящее время на современных предприятиях применяются исключительно ванадиевые катализаторы (ОВК), благодаря устойчивости к контактным ядам, высокой активности и относительной дешевизне. Из-за снижения каталитической активности срок службы катализаторов составляет 1-2 года на верхних полках контактного аппарата и 4-5 лет − на нижних слоях.

Переработка (ОВК) осуществляют пирометаллургическими и гидрометаллургическими способами.

При пирометаллургическом способе степень извлечения ванадия достигает 90%. Способ обладает тем недостатком, что использование карбоната натрия при выщелачивании ванадия значительно осложняет последующую переработку раствора выщелачивания, а также возникают проблемы при разделении твердой и жидкой фаз.

Гидрометаллургический способ переработки позволяет извлекать до 98% соединений ванадия с содержанием V_2O_5 в готовом продукте до 87%. Преимуществами данного способа являются комплексная переработка (ОВК), сокращение количества используемых реагентов и расхода энергии и сокращения времени выщелачивания. Скорость растворения ОВК на стадии кислотного выщелачивания увеличивается более чем в 40 раз по сравнению с аналогами. Растворы, полученные после термогидролитического выделения соединений ванадия, используются повторно на стадии кислотного выщелачивания, что позволяет снизить себестоимость продукции и увеличить экологическую безопасность производства. Содержание соединений ванадия в твердых остатках выщелачивания составляет 0,3-0,4%, что позволяет использовать их для изготовления керамических лицевых материалов. Ванадий и его соединения используются в различных отраслях промышленности, в частности химической, металлургической, строительной, текстильной и многих других.

Внедрение способов комплексной переработки твердых промышленных отходов сернокислотного производства обеспечивают решение двух основных задач: расширение сырьевой базы, снижение экологической нагрузки на природную среду и позволяют получать продукты, пригодные для дальнейшего использования в различных областях промышленности, что является экономически выгодным.

Библиографический список

1. *Указ Президента* РФ от 19 апреля 2017 г. № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».

2. *Систер, В.Г.* Процессы переработки твердых промышленных отходов: учебное пособие // В.Г. Систер, В.Э. Воронина, Н.Ф. Тарчигина. – М.: Московский Политех, 2018. – 168 с.

3. *Важникова ЕА.* Тарчигина Н.Ф. Переработка пиритного огарка, образующегося в производстве серной кислоты // Наука сегодня: история и современность: материалы международной научно-практической конференции, г. Вологда, 30 октября 2019 г. – Вологда: ООО «Маркер», 2019. – С. 5-6.

ECOLOGICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF CHEMICAL TECHNOLOGIES FOR THE PROCESSING OF SOLID WASTE OF SULFURIC ACID PRODUCTION

E.A. Vazhnikova, *Student*
N.F. Tarchigina, *Candidate of Technical Sciences, professor*
Moscow Polytechnic University
(Russia, Moscow)

Abstract. *The involvement of solid waste in the technological process or its use as an independent commercial product in other sectors solves environmental, technological and economic problems. Therefore, the problem of waste disposal and their use as secondary raw materials is relevant. An analysis of technologies for the processing of solid waste from sulfuric acid production made it possible to determine environmentally and economically viable methods.*

Keywords: *economy, environment, waste, utilization, processing, sulfuric acid, cinder, dust, selenium sludge, catalysts.*