

Переработка и обезвреживание ртутьсодержащих отходов

В соответствии с химическими, биологическими свойствами ртути и ее соединений и санитарно-токсикологическими показателями с целью предотвращения загрязнения окружающей среды ртутью предлагается номенклатура ртутьсодержащих отходов (PCO), подлежащих обязательному обезвреживанию.

Предварительная обработка (ПО) ртутьсодержащих отходов потребления заключается в сливе из отходов металлической ртути, которая соответствует загрязненной ртути (код 353301100) предлагаемого классификатора или 1 сорту класса Д по классификатору ГОСТа 1639-93 "Лом и отходы цветных металлов и сплавов". Изделия, из которых слита ртуть, переходят в другой вид отходов, содержащих 1-20 % металла.

Основные виды отходов потребления, содержащих ртуть:

- Люминесцентные ртутные лампы (до 100 млн. шт. ежегодно выходит из строя)
- Термометры и другие ртутьсодержащие медицинские приборы
- Ртутьсодержащие приборы школьных, учебных и научно-исследовательских лабораторий
- Гальванические элементы
- Ртутьсодержащие электротехнические устройства

Основные направления утилизации ртутьсодержащих отходов

- Демеркуризация растворами хлорного железа, перманганата калия, препаратов на основе йода, сульфида натрия и других
- Вакуумная дисцилляция отходов с криогенной конденсацией паров ртути с получением металлической ртути
- Термическая демеркуризация отходов с получением ступпы
- Метод противоточной продувки с получением концентрата ртути

Технология вакуумной дистилляции PCO

Технология вакуумной дистилляции ртутьсодержащих отходов включает:

- загрузку отходов в камеру
- нагрев отходов под вакуумом
- криоконденсацию паров ртути
- выгрузку демеркуризованных отходов

Конечная продукция – ртуть металлическая чистотой не менее 95%.

Процесс вакуумной дистилляции ртутьсодержащих отходов реализован фирмой ФИД-Дубна на [установке УРЛ-2м](#).



Принцип действия установки основан на сильной зависимости давления насыщенного пара ртути от температуры. Обрабатываемые лампы разрушаются в камере установки, нагреваются до температуры быстрого испарения ртути, а пары ртути откачиваются вакуумной системой установки через низкотемпературную ловушку (НТЛ), на поверхности которой происходит конденсация ртути, стекающей в сборник в виде жидкого металла после размораживания ловушки.

Технология термической демеркуризации РСО

Технология термической демеркуризации отходов включает:

- Загрузку в дробилку
- Подачу в шнековую электропечь
- Термическую демеркуризацию при температуре 550 °С
- Очистка газа от пыли и разложение органики при температуре 800-900 °С
- Конденсацию с получением ступпы
- Выгрузку отходов

Конечная продукция:

- ступпа с содержанием ртути не менее 75%
- ртутьсодержащий сорбент с содержанием ртути около 5%



Отработанные ртутьсодержащие лампы сортируют: битые лампы и горелки дуговых ламп (ДРЛ) отдельно складываются в герметичную тару и по мере накопления передают в дробилку. Целые лампы перед демеркуризацией разбивают на компоненты (колба, горелка, арматура, цоколь, резистр). Целые отработанные люминесцентные лампы поступают на переработку на специальной дозирующей тележке, из которой поштучно элеватором подаются в дробилку; стеклом вместе с ртутью и металлами через отсекающий клапан подают в шнековую электропечь для термической демеркуризации.

Отсекающие клапаны обеспечивают разобщение газового пространства печи, дробилки и разгрузочного конвейера. В печи бой ламп нагревают до 550 °С, и он перемещается шнеком к выгрузочному окну.

Ртуть, перешедшая в парообразное состояние, в потоке газов поступает в фильтр-дожигатель, где происходит их очистка от пыли и разложение при 800-900 °С органики на углекислоту, газ и воду.

Очищенный газ поступает в водоохлаждаемый конденсатор, где ртуть конденсируется в шлам (ступпу).

Стеклобой через водоохлаждаемый конвейер поступает на участок обогащения для разделения на компоненты с целью дальнейшего использования в строительно-дорожных работах.

Цветные металлы (латунь) направляют во Втормет. Ртутьсодержащий шлам (ступпа) и адсорбер по мере накопления в нем ртути направляют на утилизацию на Никитинский ртутный комбинат.

Технологический газ из конденсатора после доочистки в фильтре и двойной очистки в адсорбере выбрасывается в атмосферу. Установка работает под разрежением (50-100 Па), что позволяет избежать выбросов ртути в рабочее помещение.

Технология реагентной демеркуризации

Технология реагентной демеркуризации ртутьсодержащих ламп включает:

- Подачу ламп в ванну с рабочим раствором
- Разрушением ламп
- Демеркуризацию ламп в течение 6 часов
- Промывка отходов ламп
- Выгрузка отходов

Конечная продукция:

- ртутьсодержащий шлам

- стеклобой



Установка демеркуризации линейных люминесцентных ртутных ламп «Сэлта-1»

Технологическая цепочка такова: неразрушенные лампы → разрушение с одновременной нейтрализацией ртути демеркуризационным раствором → разделение продуктов переработки по фракциям (ртутнолюминофорный шлам, стеклобой, алюминиевые колпачки) → отправка полученных продуктов потребителям.

Технологические решения позволяют избежать недостатков:

- термических способов, связанных с вакуумированием аппаратуры, периодичностью процесса, безопасностью обслуживания, сложными системами конденсации ртутьсодержащих паров и т.д.
- гидрометаллургических способов, требующих очистки от ртути и других вредных компонентов технологических стоков, и переработки и хранения образующихся ртутьсодержащих продуктов.

Использование разрешенного Санэпиднадзором реагента-демеркуризатора обеспечило перевод ртути в нетоксичный ртутнолюминофорный шлам, по своим характеристикам соответствующий классу Г "Прочие ртутные отходы" (сорт 1, ГОСТ 1639-78/3.5.101).

Стеклобой со средним содержанием ртути менее 2,1 мг/кг, соответствует ГОСТ 21-7-74 "Стеклобой для стекольной промышленности".

Алюминиевые цоколи не содержат ртути, соответствуют алюминиевому лому, сорт 1, группа кл.А.

Технология противоточной продувки

Технология переработки люминесцентных ртутьсодержащих ламп методом противоточной продувки (Экотром) включает:

- Загрузку ламп в специальную камеру
- Измельчение и противоточная продувка отходов на специальном устройстве
- Выгрузку отходов
- Очистку воздуха на рукавном фильтре (>кассетный фильтр > адсорбер > адсорбер > адсорбер >)
- Сорбцию ртути

Конечная продукция:

- твердый осадок рукавного фильтра ртути до 0,8% превращают в цементно-люминофорные блоки, которые упаковывают в мешки из ПЭ

- ртутный концентрат
- стеклобой

Принцип действия так называемой «холодной и сухой» вибропневматической установки «Экотром-2» основан на разделении ртутных ламп на главные составляющие: стекло, металлические цоколи и ртутьсодержащий люминофор. Очищенные от ртути стеклобой и металлические цоколи (алюминиевые и стальные) используются как вторичное сырье. Люминофор также является сырьем для получения ртути на специализированных предприятиях (например на ртутном руднике ЗАО НПП «Кубаньцветмет») или на малогабаритных установках типа УРЛ-2М производства ФИД-ДУБНА.

Доставленные в специальных контейнерах (бочки из оцинкованного железа с чехлами) ртутные лампы подаются в узел загрузки.

За счет высокого разряжения в пневмо-вибрационном сепараторе лампы одна за другой непрерывно подаются в ускорительную трубу, попадают в дробилку и измельчаются до крупности стекла до 8 мм.

Цоколи отделяются от стекла на вибрирующей решетке и удаляются в сборник – технологический контейнер. Заполненный цоколями технологический контейнер направляется в демеркуризационно–отжиговую электрическую печь, газовые выбросы из которой поступают в систему очистки. В результате термической обработки цоколи полностью очищаются от остаточных загрязнений ртутью. Доочистка цоколей от ртути может быть осуществлена также на установке УРЛ-2М.

Отделение люминофора – главного носителя ртути, от стекла осуществляется за счет выдувания его в противоточно движущейся системе «стеклобой-воздух» в условиях вибрации. Очищенное от люминофора стекло поступает в бункер-накопитель. Конструкция пневмо-вибрационного сепаратора с дробилкой обеспечивает в процессе работы очистку стекла от ртути до величин значительно меньших ПДК ртути в почве 2,1 мг/кг. Основная масса люминофора улавливается в циклоне и попадает в сборник люминофора (представляющий собой транспортную металлическую бочку с полиэтиленовым мешком-вкладышем и специальной крышкой). Остальные 3-5% люминофора осаждаются в приемнике рукавного фильтра и в дальнейшем также упаковываются в транспортные металлические бочки.

Воздушный поток последовательно очищается от люминофора в циклоне, рукавном фильтре и адсорбере. Очистка воздуха от паров ртути происходит в адсорбере до содержания ртути в воздухе менее 0,0001 мг/м³. При превышении содержания ртути значения ПДК в выбросах в атмосферу производится замена отработанного активированного угля в адсорберах.

Вместе с люминофором в металлические бочки с полиэтиленовым вкладышем упаковывается отработанный активированный уголь, а также загрязненная обтирочная ветошь.

Вода после санитарной обработки помещения и периодической демеркуризации установки, скапливаемая в футерованном приемке, идет на смачивание люминофора.

Технология переработки гальванических элементов

Вопрос охраны окружающей среды от вредных промышленных отходов, в том числе и ртутьсодержащих, остро стоит как в нашей стране, так и во всех промышленно развитых странах.

Проблема утилизации ртутьсодержащих гальванических элементов (ГЭ) возникла в нашей стране четверть века назад, когда был начат выпуск щелочных марганцево-цинковых ГЭ, содержащих до 0,1 % ртути.

В нашей стране потребность ГЭ составляет более 1 млрд штук в год. В связи с тем, что до настоящего времени сбор и переработка отходов производства и отработанных ГЭ не организованы, они попадают на свалки, загрязняя окружающую среду. При этом ежегодно безвозвратно теряется большое количество ценных компонентов: более 20 тыс. т цинка, 20 тыс. т марганца, 150 т ртути, 25 тыс. т железа.

На территориях заводов, производящих ГЭ, накопилось от 2 до 5 тыс. т отходов, содержащих 2000 — 5000 кг ртути.

По "Санитарным правилам проектирования, строительства и эксплуатации полигонов захоронения не утилизируемых промышленных отходов" (утверждены Минздравом 22.08.77 г. № 1746-77) захоронение ртутьсодержащих отходов (PCO) необходимо проводить в металлических контейнерах, подвергающихся двойному контролю на герметичность (до и после заполнения) с бетонной облицовкой в траншее с гидроизолирующим покрытием стенок и дна.

На территориях областей, где расположены заводы, полигонов для захоронения PCO нет. Строить такие полигоны только для заводских отходов экономически невыгодно. Целесообразнее было бы не захоранивать, а утилизировать ртутьсодержащие ГЭ, в которых 11 — 15% цинка, 20 — 27 диоксида марганца, 40 — 45 железа.

Ежегодно в России используется 350 — 400 т ртути, что приводит к образованию примерно 10 тыс. т PCO со средним содержанием металла 2 — 4 %. После распада СССР Россия осталась практически без ртутных месторождений. Существующие мощности могут удовлетворить 10 % потребностей промышленности. Основные ртутные месторождения остались в странах СНГ, и в настоящее время потребности в ртути Россия покрывает за счет импорта. В то же время на территории России имеется 500 тыс. т PCO, ежегодно к ним добавляется 10 тыс.т. По существу, такие отходы представляют собой «экологическую бомбу замедленного действия». Ежегодная переработка только 4 % PCO может полностью решить проблему импорта ртути. При этом заметно уменьшилась бы экологическая опасность, связанная с PCO.

В нашей стране в основном перерабатываются и утилизируются ртутьсодержащие шламы производства каустической соды, ртутьсодержащие катализаторы и ртутьсодержащие лампы, PCO металлургической, химической, фармацевтической, электротехнической и других отраслей промышленности.

Технологии предусматривают демеркуризацию твердых отходов, выщелачивание, окисление, экстракцию и получение металлической ртути. В России разработаны технологии, обеспечивающие остаточное содержание ртути, соответствующее санитарным требованиям. Эти технологии можно применять при создании передвижных комплексов для переработки PCO.

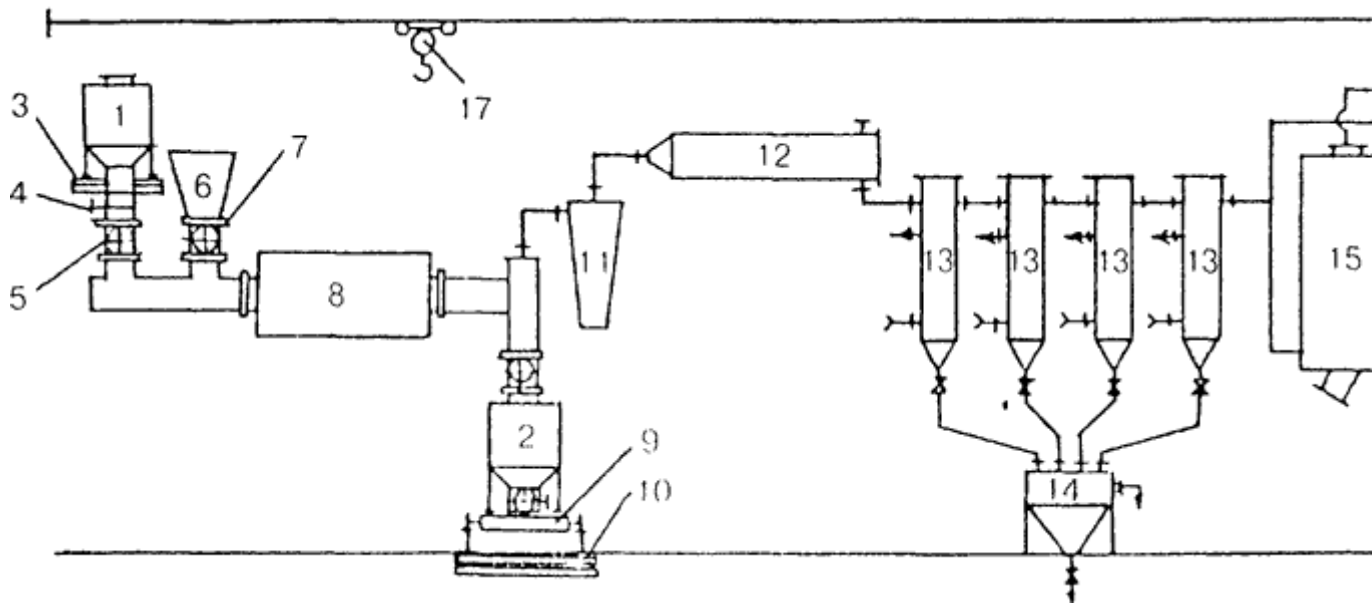
В 80-е гг. сотрудники Всесоюзного научно-исследовательского института ресурсосбережения Госснаба СССР (в настоящее время Научно-исследовательский центр по проблемам управления ресурсосбережением и отходами) совместно с сотрудниками Красноармейского НИИ механизации начали работу по изысканию рациональной технологии переработки ГЭ с целью получения вторичного сырья для различных отраслей народного хозяйства.

Были разработаны директивный технологический процесс переработки отходов производства щелочных марганцево-цинковых ГЭ, проект участка, чертежи нестандартного оборудования.

На одном из заводов была построена и опробована опытно-промышленная установка. Она позволяет возвращать для вторичного использования из 1000 т отходов 1000 — 1500 кг ртутных продуктов, 400 — 440 т стального лома, 300 — 450 т марганцево-цинкового концентрата, содержащего в основном диоксид марганца, оксид цинка, а также соли марганца и цинка.

В связи с изменениями последних лет работа над этой установкой была остановлена. В 2001 г. сотрудники Московского государственного института сервиса продолжили работу в этом направлении. Они усовершенствовали отдельные узлы установки, показанной на рисунке.

Установка для переработки марганцево-цинковых гальванических элементов включает оборудование для демеркуризации ГЭ и оборудование для очистки технологического газа.



В состав оборудования для демеркуризации входят кубели 1 и 2, весовые устройства 3 и 10, затвор 4, питатель 5, бункер 6, дозатор 7, печь обжига 8 и тележка 9. Фланцевые соединения с уплотнениями в местах подсоединения исключают пыление при загрузке ГЭ и коксика, выгрузке обработанных ГЭ и подсос воздуха при работе печи обжига 8.

Кубель 1 предназначен для подачи ртутьсодержащих гальванических элементов с помощью электрической тали 17 к установке демеркуризации, а кубель 2 — для приема обработанных гальванических элементов и транспортирования их на установку измельчения и сепарации.

Кубель представляет собой сварной конусообразный корпус с углом не более 60° и объемом $0,42 \text{ м}^3$. В его верхней части расположен загрузочный люк, а в нижней — затвор шиберного типа, перекрывающий выгрузное отверстие. Открытие и закрытие затвора осуществляется вручную поворотом маховика через систему винт-гайка. Загрузочный люк и выгрузное отверстие имеют фланцы для присоединения кубеля к аппаратам с помощью откидных болтов. К корпусу кубеля приварены проушины для присоединения захватных приспособлений грузоподъемных и транспортирующих механизмов, а также опоры, позволяющие устанавливать его на площадку загрузки или выгрузки.

Весовое устройство 3 предназначено для контроля массы гальванических элементов, находящихся в кубеле 7. Оно состоит из рамы со встроенными тензодатчиками, платформы, на которую устанавливается кубель, и электронного блока, размещенного отдельно в месте, удобном для подключения в общую систему управления. Затвор 4 служит для перекрывания полости установки от сообщения с атмосферой. Он состоит из компенсатора, подсоединенного к кубелю, и шиберной задвижки, перемещение которой производится вручную. Нижняя часть затвора 4 монтируется на фланце загрузочного люка питателя 5 через прокладку.

Питатель 5 для подачи гальванических элементов состоит из наклонного лотка с качающейся направляющей в донной части и барабана с двумя ячейками, расположенными друг против друга. В верхней наклонной части лотка имеется люк с крышкой для его осмотра и очистки, а также гибкий отсекающий, препятствующий попаданию ГЭ в камеру выгрузки, минуя барабан. Вращение барабана осуществляется от электропривода, направляющая получает колебательное движение от барабана через ролик.

Бункер 6 для загрузки коксика представляет собой прямоугольную емкость объемом $0,54 \text{ м}^3$ с наклонными стенками в нижней части. В верхней части бункера предусмотрено отверстие с фланцем для крепления крышки с помощью откидных болтов, в нижней части — отверстие для выгрузки размером $140 \times 140 \text{ мм}$ с фланцем для крепления дозатора 7.

Дозатор 7 обеспечивает подачу коксика из бункера 6 в печь обжига 8 и состоит из стального корпуса, барабана с ячейками и электрического привода. Максимальная производительность 10 кг/ч . В боковых стенках корпуса выполнены отверстия для установки опор качения вала

барабана, а в верхней и нижней частях — отверстия для загрузки и выгрузки с фланцами прямоугольной формы для подсоединения дозатора 7 к бункеру 6 и печи обжига 8.

Печь обжига 8 обеспечивает нагрев гальванических элементов до 450 °С. Обжиг осуществляется при разрежении в печи до 50 Па. Основные узлы печи: загрузочное устройство, барабан, электропечь, шнек и разгрузочное устройство. Загрузка ГЭ и коксика в барабан электропечи осуществляется шнековым устройством, которое состоит из сварного корпуса с двумя загрузочными люками. Один служит для загрузки ГЭ, второй — для загрузки коксика. Внутри корпуса проходит шнек с винтом диаметром 150 мм и шагом 150 мм. Между корпусом и шнеком предусмотрен зазор не более 3 мм. Вращательное движение шнеку передается от электропривода. Шнек загрузочного устройства входит в барабан через центральное отверстие крышки, которая закрывает торец барабана.

В месте входа шнека в барабан установлено уплотнение с компенсатором сильфонного типа. Барабан, внутренний диаметр которого 600 мм, установлен в электропечи на двух роликовых опорах. Его вращение осуществляется с помощью электродвигателя через цилиндрический редуктор и цепную передачу, расположенную на стороне разгрузочного устройства. Для обеспечения нормальной работы цепной передачи температурное удлинение барабана печи обжига направлено в сторону загрузки, что достигается применением упорных роликов, фиксирующих положение барабана со стороны разгрузки.

Внутри барабана закреплены два ленточных винта (спирали). Один винт представляет собой стальную ленту шириной 180 мм и имеет шаг 75 мм. Он обеспечивает создание "подушки" из коксика в нижней части барабана на длине 900 мм и пребывание ГЭ в барабане в течение 40 мин при частоте вращения барабана 1 мин⁻¹. Второй винт имеет разгрузочные лопатки, которые захватывают обожженные элементы и подают их в шнек выгрузки.

Электропечь представляет собой стальной разъемный каркас, выполненный из профильного и стального проката, внутри которого размещаются футеровка и нагреватели. Футеровка имеет два слоя: огнеупорный из шамота и теплоизоляционный из минеральной ваты. Нагреватели выполнены из нихромовой проволоки в виде спирали и расположены на специальной подвеске.

Шнек выгрузки обожженных ГЭ выполнен в виде трубы, к внутренней поверхности которой приварены витки из листовой коррозионно-стойкой стали. Одним концом шнек входит в барабан на 190 мм и крепится к его торцу, а другим — в разгрузочное устройство. В месте входа шнека в разгрузочное устройство установлено уплотнение с компенсатором сильфонного типа.

Разгрузочное устройство обеспечивает выгрузку обожженных элементов в кубель 2 и выход технологического газа в конденсационную систему. Оно представляет собой камеру разгрузки, корпус которой выполнен из листовой коррозионно-стойкой стали. Камера разгрузки имеет два патрубка: через верхний выходит технологический газ, через нижний выгружаются обожженные элементы. В нижней части разгрузочного устройства установлена заслонка, предназначенная для порционной выгрузки обожженных элементов. Поворот заслонки на 90° осуществляется вручную рукояткой.

Тележка 9 предназначена для подачи кубелей к загрузочному и разгрузочному устройствам печи обжига 8. Она состоит из корпуса, установленного на четырех катках. К корпусу приварены пластины, к которым крепятся ограничители и ручка для перемещения тележки.

Тележка 9 вместе с кубелем 2 установлена на платформе весового устройства 10, которое служит для контроля массы обожженных ГЭ в кубеле. Конструкция весового устройства 10 аналогична конструкции весового устройства 3.

Обожженные элементы подаются в молотковую дробилку, а затем в магнитный сепаратор. Система очистки технологического газа обеспечивает очистку от пыли и ртути до ПДК перед выбросом в атмосферу. Она включает циклон, фильтр-дожигатель 12, блок конденсаторов 13, сборник конденсата 14, блок адсорберов 15 и газодувку 16. Все аппараты соединены между собой с помощью специальных переходников, колен и компенсаторов. Уплотнения в местах подсоединения аппаратов исключают пыление, подсос воздуха из помещения и обеспечивают герметичность при разрежении до 50 Па.

Циклон // предназначен для очистки технологического газа, удаляемого из печи обжига 8, запыленного частицами коксика, цинка и диоксида марганца. Циклон представляет собой сварной конусообразный корпус с цилиндрической частью, патрубком для входа запыленного воздуха и бункером для сбора пыли. В нижней части корпуса находится коническая вставка, предохраняющая пыль от взмучивания и уноса из пылеприемного бункера, а в нижней части бункера предусмотрено отверстие с фланцем и заглушкой для удаления пыли. Очищенный газ поднимается вертикально вверх по патрубку, который соединяется через колено с фильтром-дожигателем 12.

Фильтр-дожигатель 12 обеспечивает окончательную очистку от пыли и дожигание органических веществ, содержащихся в газе, до образования воды и углекислого газа. Температура в каналах дожигателя 800 — 900 °С.

Фильтр-дожигатель устанавливается горизонтально. Он состоит из основного корпуса, корпуса фильтра, дожигателя, рукава и хомутов для его фиксации, термоэлектрического преобразователя и теплоизоляции. Корпус фильтра-дожигателя выполнен из листовой коррозионно-стойкой стали, имеет цилиндрическую форму, его диаметр 400 мм. Для поддержания требуемой температуры внутри фильтра-дожигателя служит теплоизоляция, температура наружной поверхности не превышает 40 °С. В корпус фильтра-дожигателя устанавливается корпус фильтра с двумя патрубками для выхода газа, коллектором, рукавом с хомутами. При монтаже корпуса фильтра в корпусе фильтра-дожигателя патрубки для выхода газа располагаются в горизонтальной плоскости.

Дожегатель состоит из шести спиралей в шести керамических трубках. Спирали изготовлены из нихромовой проволоки диаметром 2,5 мм, рассчитаны на трехфазное питание, обеспечивают силу тока 25 А и мощность 16,5 кВт. Пространство вокруг трубок заполнено шамотным песком.

Блок из пяти последовательно соединенных конденсаторов 13 предназначен для охлаждения технологического газа, конденсации воды и ртути при температуре 35 — 40 °С. Конденсатор выполнен по типу "труба в трубе" и состоит из корпуса с рубашкой для водяного охлаждения. Он имеет коническую нижнюю часть с вентилем для слива конденсата в сборник, внутреннюю трубу с двумя выходными патрубками (один для входа, другой для выхода газа) и стакан для установки термомпар для замера температуры газа.

Сборник конденсата 14 предназначен для сбора сконденсированных в конденсаторах ртути и воды и отделения воды от жидкой ртути. Он состоит из емкости объемом 60 л с коническим днищем и крышки. Сборник конденсата заполняется через загрузочный патрубок, приваренный к его крышке. В верхней части корпуса имеется патрубок для слива воды в цеховую систему водоочистки, а в нижней — патрубок с вентилем для слива ртути (ступпы) в транспортную емкость.

Блок из двух параллельно соединенных адсорберов 15 служит для очистки технологического газа, температура которого на входе 35 — 40 °С, от паров ртути до содержания не более 10 мг/м³.

Адсорбер кольцевого типа имеет наружный и внутренний корпус, коническое днище и крышку. В нижней части наружного корпуса предусмотрен патрубок для входа технологического газа, стакан для установки термоэлектрического преобразователя, а в верхней части — фланец для подсоединения внутреннего корпуса к газоходам. Наружный и внутренний корпуса образуют кольцевое пространство для создания направленного потока газов. Для увеличения поверхности соприкосновения газов с химическим поглотителем ртути марки ХПР-3 средняя часть внутреннего корпуса выполнена из сетки, которая крепится хомутами. Вверху внутреннего корпуса предусмотрены фланцы для крепления крышки и наружного корпуса. Выгрузка отработанного поглотителя проводится через отверстие в коническом днище и присоединенный к нему патрубок, который закрывается быстросъемной крышкой.

Для откачки технологического газа из внутренней полости печи обжига, а также для создания необходимого газового потока в аппаратах системы очистки предусмотрены две газодувки 16 марки 1А12-50-2А производительностью 100 м³/ч. Газодувки соединены параллельно. В работу включается одна из них, а вторая находится в резерве и включается в случае отказа первой или на период ремонта.

Демеркуризованные гальванические элементы поступают на дальнейшую обработку в молотковую дробилку и последующую сепарацию корпусов ГЭ и марганцево-цинкового концентрата.

В заключение следует отметить, что описанная установка при небольшой конструкторской доработке может быть использована для утилизации ртутьсодержащих специзделий, например капсулей и взрывателей, содержащих 0,001 — 0,1 % ртути.

Гаев Ф.Ф
НИЦПУРО