

АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ (НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ЖИДКИХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ)

Объектом исследования являются отходы гальванического производства в виде низкоконцентрированных растворов, содержащих ионы цветных металлов. Цель работы – разработка аппаратурно-технологического комплекса по глубокой переработке вторичных ресурсов с использованием прогрессивных технологий (мембранной, электрофлотационной, электрохимической). В процессе работы проводились экспериментальные исследования электрофлотационного извлечения ионов Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} в проточном электрофлотационном аппарате с электрокорректором pH. Определены оптимальные условия извлечения. Создана математическая модель процесса. Предложено два основных направления использования флотоконцентратов индивидуальных гидроксидов меди, цинка, никеля, кадмия.

The wastes of galvanic production as low concentrated solutions, containing ions of non-ferrous metals, have been analyzed. Solutions, containing ions of nickel, zinc, copper were of the first priority. The investigation seeks to develop the equipment and technology of deep processing of wastes. The advanced methods, such as membrane, electroflotation, electrochemical have been applied. To investigate the recovery of ions of nickel, zinc and copper by electroflotation method, the tests have been carried out in electroflotation plant of a flow-through type with the pH electrochemical correction. Optimal conditions of recovery has been determined. The mathematical model of the process has been developed. Two fields of application of flotation concentrates of copper, zinc, nickel, cadmium hydroxides have been recommended.

Разнообразный ассортимент выпускаемой в промышленном производстве продукции предполагает наличие в сточных водах различного рода ионов цветных металлов. Их утилизация является важной задачей, поскольку они дороги, дефицитны и наиболее токсичны.

Аппаратурно-технологический комплекс по глубокой переработке вторичных ресурсов в виде низкоконцентрированных жидких отходов, содержащих ионы цветных металлов, работает в непрерывном режиме и обеспечивает утилизацию катионов металлов (Cu, Ni, Zn, Cd, Cr, Fe, Al, Sn и др.) индивидуально или в смеси в интервале исходных концентраций 20-300 мг/л в виде гидроксидов, обессоливание и возврат до 50 % очищенной воды на повторное использование в технологический цикл. Степень извлечения металлов 90-98 %. Производи-

тельность комплекса до 10 м³/ч. Удельные энергозатраты от 1 до 3,5 кВт·ч/м³. Комплекс использует электрофлотацию и электрохимическую коррекцию pH, осуществляемых в одном аппарате – электрофлото-корректоре (рис.1).

При обработке кислых жидких отходов жидкость, содержащую ионы металлов, собирают в усреднителе 2 и насосом 1 подают в катодную камеру 7 электрофлото-корректора, где вода электрохимически подщелачивается до значения pH, при котором протекают процессы образования частиц гидроксида металла. Одновременно происходит флотация дисперсной фазы пузырьками электролитического водорода, выделяющегося на катоде. Флотационный процесс основан на взаимодействии частиц загрязнений и пузырьков с образованием флотокомплексов.

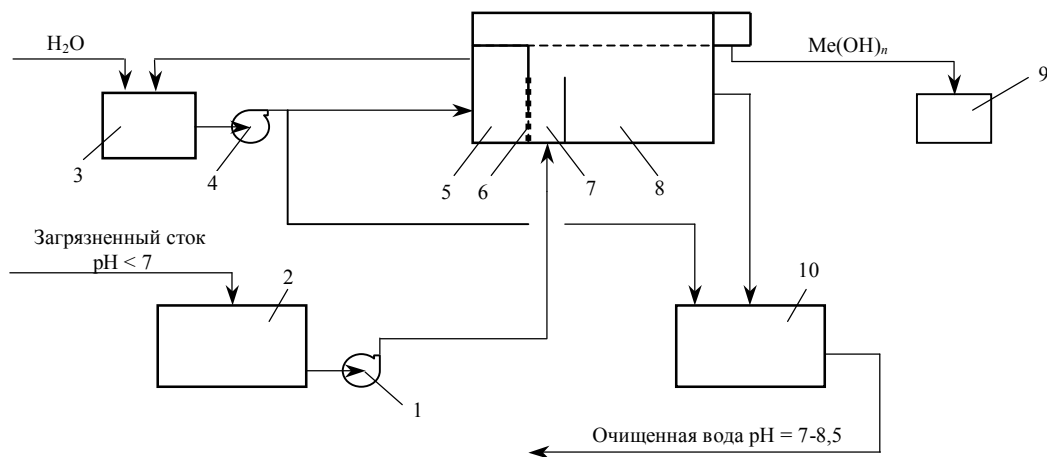


Рис.1. Комплекс по глубокой переработке вторичных ресурсов в виде низкоконцентрированных жидких отходов, содержащих ионы цветных металлов

Из катодной камеры вода переливается в камеру флотационной доочистки 8, где осуществляется флотация взвесей электрохимически генерированными на электродах газовыми пузырьками водорода и кислорода. При противоточном движении сточной воды (сверху вниз) и пузырьков газа (снизу вверх), реализуемом в данной камере, сточная вода фильтруется через плотный «фильтр» газовых пузырьков, что повышает эффект очистки. Далее осветленный сток поступает в реактор-нейтрализатор 10 для корректировки pH, а пенный продукт (флотошлам) – в сборник шлама 9.

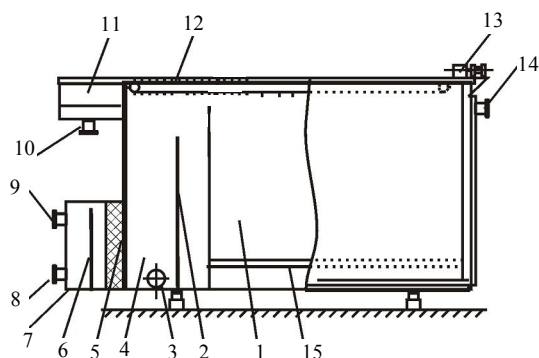


Рис.2. Схема электрофлотокорректора

1 – камера флотации; 2 – катод; 3 – патрубок для подачи исходной воды; 4 – катодная камера; 5 – анионо-обменная мембрана; 6 – анод; 7 – анодная камера; 8 – патрубок для подачи раствора; 9 – патрубок для отвода раствора; 10 – патрубок для отвода флотошлама; 11 – камера для сбора флотошлама; 12 – пеносборное устройство; 13 – мотор-редуктор; 14 – патрубок для отвода очищенной воды; 15 – электроды

В анодной камере 5 образуется кислотный раствор, расходуемый на корректировку очищенной воды до pH 7-8,5 или другие технологические нужды. Использование анионо-обменной мембраны 6 позволяет предотвратить проскок ионов металлов из сточной воды в анодную камеру. Для сбора кислотного раствора используется сборник 3. Насос 4 обеспечивает циркуляцию раствора между сборником и анодной камерой 5 электрофлотокорректора и его подачу в реактор-нейтрализатор для изменения pH очищенного стока.

Основу комплекса составляет электрофлотокорректор (рис.2). Электрофлотокорректор выполняет одновременно четыре различные функции:

- доведение pH католита и анолита до необходимых значений;
- газонасыщение раствора, необходимое для осуществления флотационного процесса;
- частичное обессоливание раствора вследствие миграции ионов через ионообменную мембрану;
- образование и удаление флотошлама.

Наиболее важной функцией является изменение кислотности обрабатываемого раствора до pH минимальной растворимости гидроксида.

Пакет электродов состоит из набора пластин прямоугольной формы толщиной

1 мм, расположенных друг относительно друга вертикально. Расстояние между электродами 3 мм. Electroды имеют гребенчатый тип; обе полярности изолированы друг от друга с помощью фиксирующих стяжек-гребенок, обеспечивающих поддержание заданного межэлектродного расстояния. Катодом служит нержавеющая сталь. Для изготовления анодов применяют титан с активным поверхностным покрытием смесью оксидов рутения, марганца и кобальта. Электродная система в камере флотации размещена ниже уровня воды на 0,7 м. Прямоугольная форма установки обеспечивает возможность большего развития рабочей поверхности электродов за счет увеличения размеров в одном направлении. Кроме того, при составных (многоэлементных) электродах, такая форма позволяет иметь однотипные электроды.

Тип установки, ее габариты и режимные параметры работы подбирают в зависимости от объема обрабатываемой воды, ее химического состава. Габариты электрофлотокорректора 2100 × 1200 × 1115 мм.

Комплекс работает в непрерывном режиме и обеспечивает извлечение ионов ме-

таллов (Cu, Ni, Zn, Cd, Cr, Fe, Al, Sn и др.) индивидуально или в смеси в любом соотношении в виде гидроксидов, а также возврат очищенной воды на повторное использование в технологический цикл.

В отличие от осадков, образующихся в отстойниках, флотошлам, удаляемый с поверхности электрофлотокорректора, менее влажный (влажность 92-95 %, в отстойниках 98-99 %). Фильтруемость шлама в 4-5 раз выше, чем осадков, и составляет 4,6-4,8 кг/м³·ч. Объем флотошлама 0,05 % от объема очищаемых стоков.

Отработано два основных направления утилизации индивидуальных гидроксидов металлов. Первое связано с их переработкой на компактный металл или металлический порошок. Процесс сводится к растворению гидроксидного осадка в серной кислоте с получением раствора соли металла высокой концентрации и последующим электролизом раствора с использованием нерастворимых анодов. Второе направление связано с получением солей металлов, для чего гидроксидный шлам сначала растворяют в кислоте, а затем из концентрированного раствора кристаллизуют соль металла.