

УДК 621.4

**· ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ КАДМИЯ ИЗ  
АММИАКАТНЫХ ПРОМЫВНЫХ РАСТВОРОВ НА КАТОДЫ  
ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**А.С. Ковчур, Д.Э. Жилинский**

*УО «Витебский государственный технологический  
университет»*

Образующиеся в процессе кадмирования промывные растворы содержат токсичные соединения кадмия, подлежащие обезвреживанию. Высокая стоимость соединений кадмия вызывает необходимость разработки способов, позволяющих возвращать эти соединения в гальванический процесс. Для этих целей может использоваться электролиз с углеродными волокнистыми электродами (УВЭ), который позволяет не только эффективно извлекать металлы из растворов, но и возвращать его в ванны гальванопокрытий [1,2].

Исследования выполнены на промышленных аммиакатных электролитах кадмирования состава (г/л): 1 -  $\text{CdSO}_4$  50,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  250, уротропин 20, диспергатор НФ 75 мл; рН 6; 2 -  $\text{CdSO}_4$  50,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  150, кислота борная 25, рН 5. Фоновые растворы содержали перечисленные компоненты без кадмия. Материал катода - карбонизованный углеродистый материал (УВМ) типа НТ-1, электролиз проводили в циркуляционном режиме.

Исследования показали, что кадмий из промывных растворов извлекается на НТ-1 с высокой скоростью и степенью извлечения (аса) 98-99%. Важным параметром, влияющим на электролитическое извлечение кадмия, является изменение концентрации кадмия и компонентов электролита в промывном растворе. Исследование влияния кратности разбавления ( $n$ ) фонового электролита и концентрации кадмия на его электроизвлечение показало, что только при высоком значении  $n$  (50-100 раз) выход кадмия по току (ВТ), составляющий при 95% извлечении 25-30%, уменьшается до 5-7%, при этом  $\alpha$  уменьшается до 60-70% при прочих равных условиях.

Изучено влияние параметров электролиза (плотность тока ( $i$ ), длительность процесса электролиза), вида УВМ и направления и реверса протока раствора сквозь объем электрода на электроосаждение кадмия. При увеличении плотности тока аса растет с ростом плотности тока до  $500\text{A}/\text{m}^2$ , дальнейшее повышение плотности тока не эффективно. Выход по току наибольший (30%) при плотности тока  $500\text{A}/\text{m}^2$ . Высокая степень извлечения кадмия достигается за 1-3 часа в зависимости от концентрации кадмия в растворе. Электроосаждение кадмия с высокой эффективностью осуществляется на УВМ различных видов: НТМ-100, КНМ, НТ-1, ВИНН-250.

При моделировании процесса электролитического извлечения кадмия из промывных растворов применительно к автоматизированным линиям нанесения покрытий, изучено влияние условий электролиза, параметров процесса промывки на эффективность извлечения кадмия. Найдены условия, обеспечивающие поддержание концентрации кадмия в промывной ванне на постоянном низком уровне. В зависимости от количества вносимого электролита, моделирующего промывку деталей с различной поверхностью, этот уровень концентрации кадмия составляет 10-35 мг/л и поддерживается в течение 5-7 часов до осаждения значительного количества кадмия на единицу массы УВМ (7-13 г/г).

Масса металла, осаждаемого на единицу массы электрода, является важным показателем, обуславливающим эффективность электролиза с УВЭ. Чем больше эта величина, тем более длительное время используется электрод. При этом, как правило, обеспечивается наиболее эффективная работа УВЭ, т.е. более полное использование

его реакционной поверхности. В свою очередь это соотношение определяется равномерностью распределения процесса осаждения кадмия по толщине электрода, которая зависит от условий электролиза (токового режима, направления и скорости потока раствора сквозь электрод), состава раствора (кратности разбавления фонового электролита и концентрации кадмия), вида УВМ. Показано, что для электролита, содержащего уротропин и диспергатор НФ (1), металл преимущественно осаждается с тыльной стороны электрода, для электролита, содержащего борную кислоту (2) - с фронтальной стороны электрода. Изменением направления потока раствора сквозь электрод, а также использованием реверса потока раствора можно улучшить распределение металла по толщине электрода для электролита (1).

Регенерацию кадмия, осажденного на УВМ, можно проводить различными методами: химическим, анодным растворением или за счет работы короткозамкнутой электрохимической системы (КЭС). Изучены два последних варианта. Наиболее привлекательным, простым и не требующим дополнительных затрат является процесс растворения кадмия за счет работы КЭС, эффективно использованный нами ранее для аналогичных целей. Измерение стационарных электродных потенциалов кадмия ( $E_{Cd}$ ) и УВМ ( $E_{УВМ}$ ) показало, что  $E_{Cd}$  в зависимости от вида электролита и кратности его разбавления составляет -428...-520 мВ,  $E_{УВМ}$  400...430 мВ (н.в.э.). То есть, при растворении кадмия, осажденного на УВЭ, в фоновом аммиачном электролите должна возникать КЭС, в которой кадмий будет анодно растворяться, что и наблюдалось в экспериментах. Скорость растворения кадмия в стационарных условиях составляет (300-600) г/ч<sup>2</sup>, в зависимости от вида электролита. Были получены растворы, содержащие 35-40 г/л  $CdSO_4$ . При этом регенерируется УВМ, который может использоваться повторно для электролитического извлечения кадмия.

Сравнение двух способов растворения кадмия показало, после 10 циклов:

электроосаждение кадмия - растворение за счет КЭС свойства катодов из УВМ не ухудшаются, процесс последующего электроизвлечения кадмия на такой электрод осуществляется с той же скоростью и степенью электроизвлечения, замечено улучшение распределения металла по толщине электрода. После анодного растворения кадмия свойства УВМ изменяются заметно, что отражается на последующем электроосаждении кадмия, ухудшается его извлечение и распределение по толщине электрода.

Таким образом, электролиз с углеродными волокнистыми электродами позволяет эффективно извлекать кадмий из аммиачных промывных растворов, образующихся при кадмировании, регенерировать и повторно использовать кадмиевые соединения и электроды из УВМ.

Для реализации процесса можно использовать промышленные электролизеры с проточными трехмерными электродами, характеристики которых приведены в [3].

#### Список использованных источников

1. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. М. Химия. 1979. 352 с.
2. Варенцов В.К. Журнал экологической химии. 1993. № 4, С. 325 - 341.
3. Варенцов В.К., Прокофьев В.В., Цветная металлургия, 12 (1990) 12.