

УДК 621. 317

А.Нестер¹, канд. техн. наук; **Б.Малиновський¹**;

Н.Корчик²; канд. хім. наук

¹Технологічний університет Поділля, м.Хмельницький

²Державний технічний університет, м.Рівне

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІВ У СИСТЕМАХ ЗАМКНЕНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Стаття присвячена питанням дослідження електролізерів для повторного використання води у водних розчинах травлення друкованих плат. Приведено окремі характеристики процесу та якості відновленого водного травильного розчину.

Умовні позначення

$I_{об}$ - об'ємна щільність струму;

t^0C - температура травильного розчину;

Dm - витрата електроенергії;

V_{mp} - швидкість травлення;

Cu - концентрація міді у відновленому розчині;

Eh - редокс - потенціал;

t - час обробки розчину;

t_{mp} - час травлення.

При виготовленні друкованих плат сьогодні використовується біля 100 типових технологічних процесів, включаючи підготовку поверхні, травлення, покриття, зняття резисту, відмивання і т.п. Всі технологічні процеси гальванічного виробництва і виробництва друкованих плат характеризуються використанням токсичних речовин, виділенням з'єднань, які ведуть до забруднення навколишнього середовища. Так, лінія травлення друкованих плат продуктивністю 14 м²/годину виділяє 6-7 кг міді/годину, котра у вигляді солей виводиться з технологічного процесу. Загальна кількість міді, яка іде у відходи тільки у ВО "Новатор" (м. Хмельницький) складає біля 4 т/рік, у місті ця величина досягала 12 т/рік. До цього часу для знезаражування виведеного травильного розчину використовують, головним чином, реагентні методи, які дозволяють перевести розчинені в воді токсичні з'єднання в важкорозчинні осаді, котрі потім у вигляді шламових відходів направляються у відвали або на захоронення [1]. Цей спосіб веде до забруднення навколишнього середовища, тому необхідним є освоєння таких процесів, які б забезпечили маловідхідне виробництво.

Дослідження в цьому напрямку практично ведуться тільки зі створення окремих установок, та й ті направлені на вирішення локальних задач без видалення щільних осадів металів, придатних для подальшої переробки та створення замкнених циклів використання води [2]. Останні сучасні дослідження організацій та їх публікації направлені, в основному, на вирішення окремих питань знезаражування відпрацьованих водних розчинів реагентними методами. Ці дослідження не дають відчутних результатів [2]. Не вирішеними залишаються питання шламових відходів, які практично відсутні при електрохімічній обробці. Відновлення водних розчинів травлення друкованих плат є однією з головних задач у створенні замкнутих процесів використання водних ресурсів. Враховуючи вищенаведене, ми поставили задачу проведення комплексних досліджень, що повинні дати поштовх до створення ліній та установок з автоматичним корегуванням технологічного процесу і забезпеченням повторного використання водних розчинів травлення.

Проходячи активною частиною технологічного процесу травлення друкованих плат, водний розчин насичується з'єднаннями міді, спроможними забруднювати значні

обсяги води, веде до посиленої експлуатації очисних споруд підприємства, збільшенню стоків на міські очисні системи.

Вищесказане припускає наявність значних фінансових витрат на забезпечення всього комплексу робіт із нейтралізацією відпрацьованих продуктів травлення й утилізацією відходів.

Одним із найважливіших елементів у зменшенні витрат, економії води на технологічні потреби процесу травлення друкованих плат, є створення місцевих внутріви-робничих замкнутих циклів повторного використання водних ресурсів із виділенням і утилізацією міді.

У даній статті передбачається розглянути результати дослідження режимів і використання електролізерів для відновлення водних розчинів та повторного використання водних розчинів, води в технологічному процесі травлення друкованих плат.

З цією метою для проведення досліджень обрана лінія КМ-1, призначена для травлення друкованих плат стандартним водним мідноаміачним розчином, і лінія КМ-8 для травлення водним міднохлоридним розчином [3].

Для виконання поставлених задач використаний електролізер, включений у роботу паралельно з модулем травлення, що дозволяє відновлювати водний розчин одночасно з виконанням основної задачі.

Технологія відновлення водного розчину допускає виділення міді на катоді в порошковому вигляді або у формі щільних осадів (фольги), а також окислювання розчину в результаті анодних процесів [4,5].

Для підтримання необхідних характеристик процес травлення друкованих плат лінією КМ-1 у стандартному розчині здійснюється із періодичним коректуванням рН розчину 25% водним розчином аміаку.

Концентрація міді в розчині травлення змінювалася від 60 до 120 г/л. Відновлення водного розчину здійснювалося в повторно-короткочасному режимі, тобто певна порція розчину після опрацювання в електролізері змішувалась з робочим водним розчином у модулі травлення.

У процесі досліджень здійснювалося відпрацювання гідродинамічного режиму роботи установки, встановлення основних електротехнічних параметрів (зняття вольт-амперних характеристик, визначення оптимальних значень витрати електроенергії, щільності струму), визначення травильної спроможності відновленого водного розчину.

При визначенні вольт-амперних характеристик подавана напруга змінювалася в межах від 0,5 до 4В, об'ємна щільність струму в межах 4,5...11,8 А/л. Підвищення навантаження струмом супроводжувалося збільшенням температури розчину.

На наступному етапі здійснене визначення оптимальних значень щільності струму на електродах. Опрацювання розчину здійснювалося при щільностях струму від 500 до 1800 А/м² при постійній продуктивності за розчином. При цьому проводився аналіз відпрацьованого водного розчину за концентрацією міді, визначався вихід за струмом міді при різноманітних значеннях щільностей струму.

Як впливає з дослідів, вольт-амперна характеристика при використанні водного розчину має пряму лінійний характер. Подібна лінійна залежність отримана і для зміни температурного режиму в залежності від струмового навантаження (рис.1).

Характеристики дають змогу оцінити можливості електролізера при відновленні водного розчину і організацію теплового балансу та, при необхідності, охолодження.

Приведені на рис.2 дані зміни концентрації міді у водному розчині в залежності від витрат електроенергії при різноманітних щільностях струму на електродах дають можливість оцінити отримані характеристики як практично залежні від витрат електроенергії, при цьому вплив величини струму незначний.

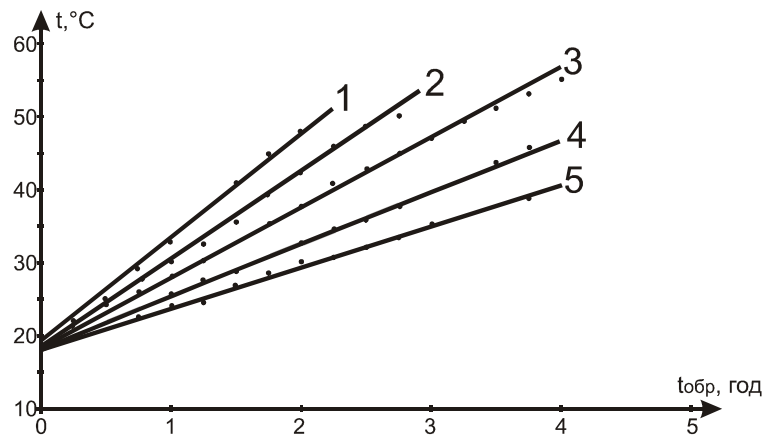


Рис. 1. Зміна температурного режиму при зміні навантаження струму на електролізер від часу роботи
 1- $I_{об}=11,8$ А / л; 2- $I_{об}=10$ А / л; 3- $I_{об}=8,2$ А / л; 4- $I_{об}=6,4$ А / л; 5- $I_{об}=4,5$ А / л.

Дослідження дозволили визначити щільність струму величиною $1500-1800$ А/м², що відповідає продуктивності модуля відновлення водного розчину і модуля травлення.

При електролізі мідно-хлоридного травильного розчину найбільше ймовірна реакція на аноді — виділення газоподібного хлору.

У електрохімічній практиці відновлення хлоридних водних розчинів впроваджений ряд конструкцій електролізерів, процес опрацювання, в яких ведеться таким чином, що виділення газоподібного хлору на аноді не відбувається. Розчин у цьому випадку окислюється тільки за рахунок реакцій на аноді. Для ведення даного процесу відновлення водного розчину необхідно підтримка низьких щільностей струму на електродах, коли виділення хлору на аноді не спостерігається, або ж створення особливих гідродинамічних умов. У першому випадку продуктивність процесу відновлення водного розчину дуже низька, тому що знижується катодний вихід по струму міді, що тягне за собою збільшення питомої витрати електроенергії. В другому випадку значно ускладнюється апаратне оформлення процесу [3].

При цьому знизити утримання одновалентної міді до концентрацій, що забезпечують оптимальне значення Eh (0,55В) тільки за рахунок анодного окислювання міді, практично не можливо. Тому доцільне ведення процесу відновлення водного розчину при щільностях струму, що забезпечують максимальний вихід за струмом міді на катоді, а продукти гідролізу, що виділяється при цьому на катоді хлор-газ, використовувати в якості додаткового окислювача, спроможного підвищити редокс-потенціал водного розчину до необхідних значень.

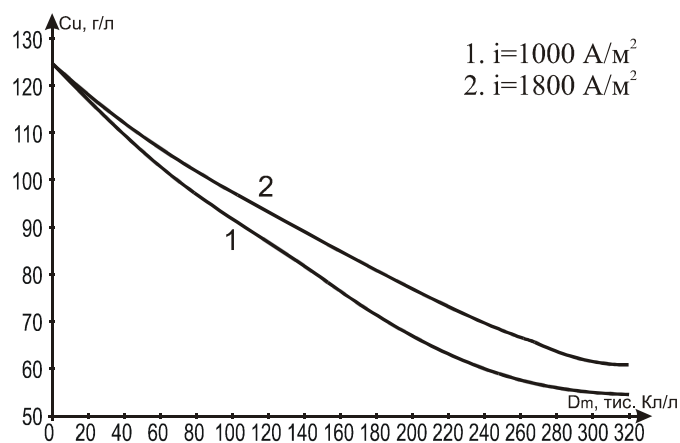


Рис. 2. Залежність зміни концентрації міді від витрати електроенергії

В подальших дослідях використовувались діафрагмений та бездіафрагмений електролізери.

На графіках приведені дані зі зміни Eh травильного розчину в процесі його опрацювання в діафрагменому електролізері. Як впливає з даних на рис.3 та рис.4, спостерігається зниження Eh травильних розчинів у процесі його опрацювання.

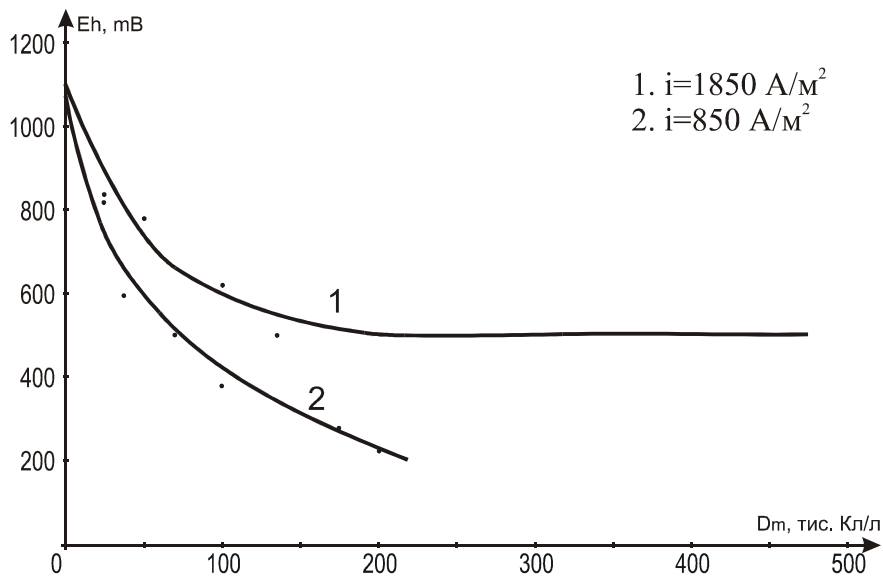


Рис.3. Залежність зміни Eh від витрати електроенергії при різних величинах щільності струму

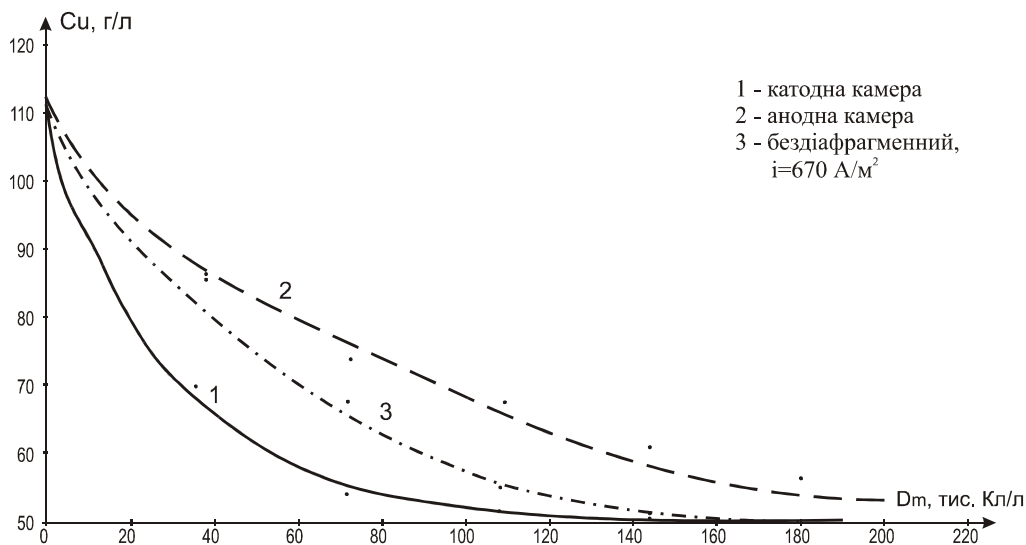


Рис.4. Залежність концентрації міді від витрати електроенергії при різноманітних величинах щільності струму для різних конструкцій електролізера

Проте падіння редокс-потенціалу Eh незначне при опрацюванні розчину в анодній камері. При низьких щільностях струму — більш значне зниження Eh , тобто травильної спроможності розчину.

Далі були проведені дослідження з визначення травильної спроможності відновленого водного розчину і свіжоприготовленого розчину. Як впливає з описаних даних, характеристики розчинів, тобто їх травильна спроможність, не змінились, що підтверджується випробуваннями установок (рис.5).

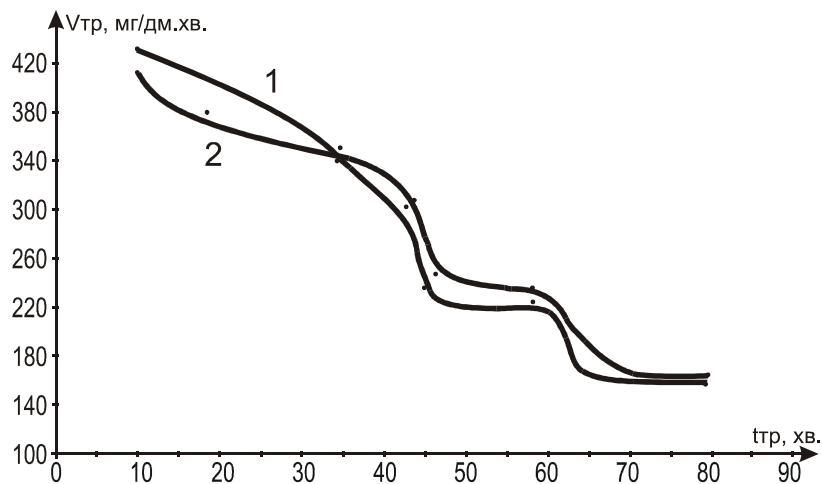


Рис.5. Залежність швидкості травлення друкованих плат від часу травлення водними розчинами: 1-для свіжого розчину; 2-для відновленого розчину

Як випливає з приведених даних, водний травильний розчин відповідає необхідним вимогам і може бути використаний у технологічному процесі.

Подальші дослідження та випробування установки в різних режимах дозволили визначити кращі технологічні параметри і довести використання розчину протягом 2-х місяців без заміни та використанні лінії травлення паспортної продуктивності 14 м²/год при повному завантаженні протягом 4..4,5 годин кожний робочий день. При цьому вода та хімікати використовувались тільки для підживлення винесеного платами водного розчину.

Прикладом створення елемента автоматизованої системи може бути замкнений автоматичний процес травлення плат з виділенням щільних шарів міді та повторним використанням водного розчину, води в ході самого технологічного процесу. Таким елементом стала серійно виготовлена лінія КМ-1, в якій були реалізовані автоматична подача відпрацьованого водного розчину в установку відновлення травильних властивостей і утилізація міді з подальшим використанням для забезпечення потреб підприємства. Схема такої автоматичної лінії дає змогу оцінити різке зменшення викидів в каналізацію до 0,82 м³/год замість раніше реалізованих ~68 м³/год, що в свою чергу дає можливість практично відмовитись від очисних споруд для конкретної лінії [3].

Проведені дослідження установок відновлення водних розчинів дозволили зробити такі **висновки**:

1. Визначено вольт-амперні, температурні характеристики конкретної установки відновлення водного розчину та встановлені загальні закономірності.
2. Визначені окремі електрохімічні залежності, які є необхідною умовою для забезпечення технологічного процесу ліній виготовлення плат, забезпечення відповідного автоматичного апарату для регулювання роботи.
3. Оцінено вплив відновленого водного розчину на спроможність травлення і якість виготовлення плат.
4. Різко зменшена кількість води для підготовки розчинів травлення плат.

Подальші дослідження в даному напрямку, в нашому розумінні, повинні бути направлені на створення математичного апарату забезпечення технологічного процесу та його регулювання в залежності від параметрів водного розчину з метою отримання щільних осадів у вигляді листів і повторного використання водного розчину. Такий процес забезпечить просте зняття видаленої з розчину міді, її повторне використання в процесах переробки, металізації та різке зменшення кількості води для забезпечення необхідних параметрів технології виготовлення плат.

Article is devoted to the problems of electrolyzers research for reuse of water in aqueous solutions of etching of printed circuit cards. The special process characteristics and qualities of renewed etching solution were presented.

Література

1. Рогов В.М., Нестер А.А., Корчик Н.М., Методи і способи обробки розчинів травлення виробництва друкованих плат // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. –1998.-№3.-С.33-37.
2. Нестер А.А., Романішина О.В. Аналіз процесів металізації плат та шляхів її прискорення // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2000.-№2.-С.45-47.
3. ТУ107-82 Комплекс модулів для травлення печатних плат.
4. Нестер А.А., Романішина О.В. Автоматизація виготовлення плат та створення замкнених циклів // Вісник ТУП. –2001. -№ 2, Ч.2. -С.205-208.
5. Нестер А.А., Красільников С.Р. Очистка і повторне використання води в процесі травлення плат // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999.-№4.-С.150-153.

Одержано 16.05.2003 р.