

§ 20. ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОЛІЗУ



Існує легенда, що наприкінці XVIII ст. король Англії надіслав у подарунок російській імператриці Єкатерині II... алюмінієвий кухоль. Уявіть, що вона була вражена таким коштовним подарунком! Річ у тім, що в ті часи алюміній був дуже рідкісним і коштував у кілька разів дорожче від золота. Згодом завдяки застосуванню електролізу алюміній став загальнодоступним і досить недорогим. Проте, як за допомогою електролізу одержують метали і де ще застосовують електроліз, ітиметься в цьому параграфі.

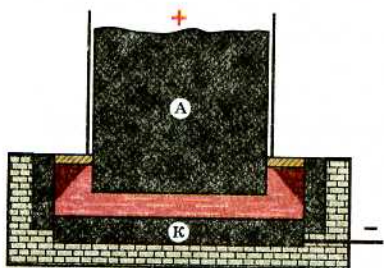


Рис. 20.1. Виробництво алюмінію (схема промислового пристрою). Ванна наповнена алюміній оксидом, розчиненим у розплавленому кріоліті. Дно та стінки ванни, викладені графітом, слугують катодом, алюміній збирається на дні ванни; вугільні блоки слугують анодом, на них виділяється кисень



Застосовуємо електроліз для одержування металів

Електроліз широко застосовують у промисловості. За допомогою електролізу із солей і оксидів одержують багато металів: мідь, нікель, алюміній та ін. Наприклад, щоб одержати алюміній, як електроліт використовують алюміній оксид (Al_2O_3), розчинений у розплавленому кріоліті (Na_3AlF_6) за температури 950°C . Розчин поміщають у спеціальні електролітичні ванни; катодом зазвичай слугують дно та стінки ванни, викладені графітом, а анодом — занурені в електроліт вугільні блоки (рис. 20.1). У процесі пропускання струму через електроліт на катоді виділяється алюміній. Аналогічно одержують деякі інші метали.



Одержуємо чисті метали

Метали, отримані шляхом електролізу (або іншим способом), зазвичай містять деяку кількість домішок, оскільки сировина не може бути «ідеальною». Так, у розплаві завжди наявні солі й оксиди інших металів, і ті так само можуть виділятися на катоді. Для очищення металів від домішок можна знову використати електроліз.

Спосіб очищення металів за допомогою електролізу називають рафінуванням. У такий спосіб очищають мідь, алюміній, свинець, срібло та деякі інші метали.

Наведемо приклад. У ванну з розчином купрум сульфату (CuSO_4) опускають два електроди. Анодом слугує товста пластинка неочищеної міді, а катодом — тонка пластинка чистої міді. У разі пропускання струму чиста мідь переноситиметься з анода на катод, а домішки осідатимуть у розчині (рис. 20.2). З'ясуємо, як відбувається цей процес.

У розчині купрум сульфат розкладається (дисоціює) на катіони Купруму (Cu^{2+}) та сульфат-аніони (SO_4^{2-}). Під час електролізу катіони Купруму прямують до катода, де отримують електрони, яких

їм бракує. Нейтральні атоми Купруму осідають на катоді, при цьому маса катода більшає. А сульфат-аніони рухаються до анода, де з'єднуються з йонами Купруму; таким чином, анод поступово розчиняється і його маса меншає.

3 Знайомимосся з гальваностегією

Шляхом електролізу можна наносити тонкі шари металів на поверхню іншого металу — робити сріблення, золочення, нікелювання, хромування тощо. Такі шари можуть захищати метал від корозії, збільшувати його міцність або просто ставати прикрасою виробу.

Електролітичний спосіб покривання виробу тонким шаром металів називають гальваностегією.

Виріб, який бажають покрити тонким шаром металу, опускають у ванну з розчином електроліту, до складу якого входить потрібний метал. Виріб, що покривається, є катодом, а пластинка металу, яким покривають виріб, — анодом. Під час пропускання струму метал осідає на виробі (катоді), а анодна пластинка поступово розчиняється (рис. 20.2).

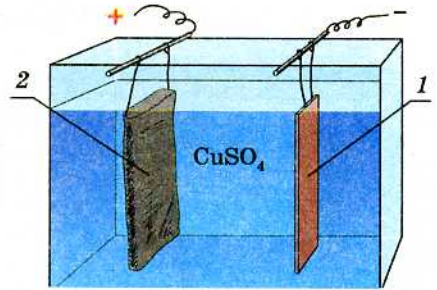


Рис. 20.2. Рафінування міді: тонка пластинка чистої міді є катодом (1), товста пластинка неочищеної міді — анодом (2); ванна наповнена водним розчином купрум сульфату

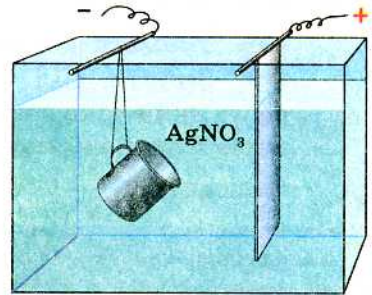


Рис. 20.3. Гальванічне сріблення. Предмет, який покривають сріблом (кружка), є катодом, срібна пластинка — анодом; ванна наповнена розчином аргентум нітрату

4 Вивчаємо гальванопластику

Гальванопластика — це одержання за допомогою електролізу точних копій рельєфних виробів.

Припустимо, що необхідно одержати точну копію виробу складної форми (монети, медалі, скульптурного барельєфа тощо). Спочатку роблять зліпок рельєфного предмета із воску або іншого пластичного матеріалу. Щоб поверхня зліпка проводила струм, її покривають тонким шаром графіту. Потім зліпок поміщають у ванну з розчином електроліту; зліпок слугуватиме катодом. Анодом буде пластинка металу. Під час пропускання струму через розчин на зліпку нарощується досить товстий шар металу, що заповнює всі нерівності зліпка. Після припинення електролізу восковий зліпок відділяють від шару металу і в результаті отримують точну копію виробу (рис. 20.4).

Зрозуміло, що застосування електролізу в сучасній техніці не обмежене розглянутими прикладами. За допомогою електролізу можна здійснити полірування поверхні анода; електроліз лежить в основі

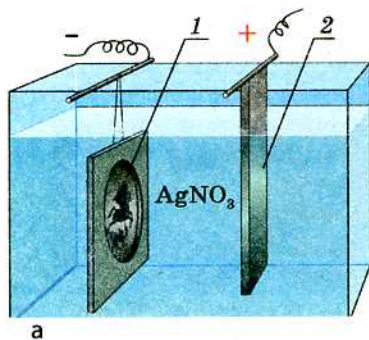


Рис. 20.4. Одержування рельєфних копій за допомогою електролізу: *а* — схема пристрою: восковий зліпок, покритий тонким шаром графіту, є катодом (1), срібна пластинка — анодом (2); ванна наповнена розчином аргентум нітрату; *б* — одержана копія

заряджання та розряджання кислотних і лужних акумуляторів тощо. Однак хімічні й фізичні процеси, що відбуваються при цьому, досить складні, і їх детальне вивчення виходить за рамки шкільного курсу фізики.

5 Учимся розв'язувати задачі

Задача. Під час нікелювання на кожний 1 дм² поверхні виробу, який нікелюють, подають силу струму 0,4 А. За який час на виріб буде нанесено шар нікелю завтовшки 0,2 мм? Густина нікелю становить $9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Дано:

$$S = 100 \text{ см}^2$$

$$I = 0,4 \text{ А}$$

$$d = 0,02 \text{ см}$$

$$\rho = 9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$k = 0,30 \frac{\text{мг}}{\text{Кл}}$$

$$= 0,0003 \frac{\text{г}}{\text{Кл}}$$

$t = ?$

Аналіз фізичної проблеми

Час перебігу електролізу можна знайти за допомогою першого закону Фарадея, якщо масу речовини, що виділилася на електроді, виразити через густину та об'єм. Електрохімічний еквівалент нікелю знайдемо у відповідній таблиці. Розв'язуючи задачу, густину зручно подати в грамах на кубічний сантиметр, товщину шару — у сантиметрах, площу поверхні — у квадратних сантиметрах, а електрохімічний еквівалент — у грамах на кулон.

Пошук математичної моделі, розв'язання

Згадаємо перший закон Фарадея: $m = kIt$. Звідси

$$t = \frac{m}{kI}. \quad (1)$$

З визначення густини: $\rho = \frac{m}{V}$; звідси $m = \rho V$.

Оскільки $V = Sd$, то

$$m = \rho Sd. \quad (2)$$

Підставивши формулу (2) у формулу (1), одержимо:

$$t = \frac{\rho Sd}{kI}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$[t] = \frac{\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{см}}{\frac{\text{г}}{\text{Кл}} \cdot \text{А}} = \frac{\text{г} \cdot \text{Кл}}{\text{г} \cdot \text{А}} = \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{А}} = \text{с}; \quad \{t\} = \frac{9 \cdot 100 \cdot 0,02}{0,0003 \cdot 0,4} = 15\,000;$$

$$t = 15\,000 \text{ с} = 4 \text{ год } 10 \text{ хв.}$$

Відповідь: процес нікелювання триватиме 4 год 10 хв.

Підбиваємо підсумки

Електроліз широко застосовують у промисловості. За допомогою електролізу із солей і оксидів одержують багато металів (мідь, нікель, алюміній та ін.), а також очищують їх. Спосіб очищування металів за допомогою електролізу називають рафінуванням.

Шляхом електролізу можна наносити тонкий шар металу на поверхню виробу і виготовляти точні копії рельєфних виробів. Електролітичний спосіб покривання виробу тонким шаром металу називається гальваностегією, а одержування за допомогою електролізу точних копій рельєфних виробів — гальванопластикою.

Контрольні запитання

1. Наведіть приклади застосування електролізу.
2. Як за допомогою електролізу одержують алюміній?
3. Як можна очистити метали від домішок?
4. Для чого поверхню металів покривають тонким шаром іншого металу?
5. Що таке гальваностегія? гальванопластика?

Вправа № 20

1. На рис. 1 наведено схематичне зображення електричної установки, складовим елементом якої є посудина з водним розчином аргентум нітрату. За даними рисунка визначте час, необхідний для утворення на електроді шару срібла завтовшки 8 мкм, якщо густина срібла 10,5 г/см³. Яка енергія буде витрачена при цьому, якщо напруга на електродах становить 11 В?
2. На рис. 2 наведено схематичне зображення електричного кола, до складу якого входить посудина з водним розчином цинк сульфату. За даними рисунка обчисліть товщину шару цинку, що утвориться на катоді в результаті електролізу. Густина цинку 7,1 г/см³.
3. Для сріблення ложок через розчин аргентум нітрату пропускали струм силою 1,8 А. Катодом слугували 12 ложок, кожна з яких мала площу поверхні 50 см². Скільки часу тривав електроліз, якщо на ложках відклався шар срібла завтовшки 58 мкм? Густина срібла 10,5 г/см³.

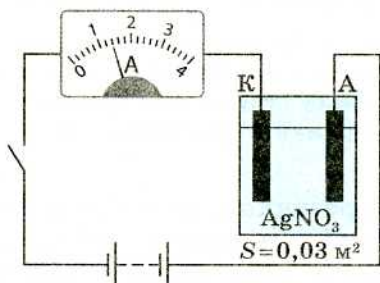


Рис. 1

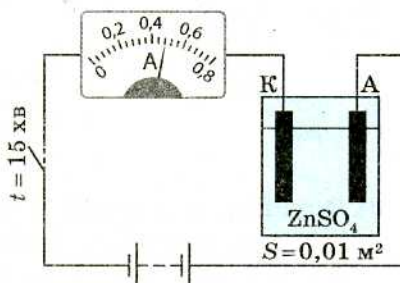


Рис. 2