

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи № 6
«Технологія гальванічного нанесення покриття»
з дисципліни «Інженерія поверхні»
для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення
зносостійкості деталей і конструкцій» для всіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 6
«Технологія гальванічного нанесення покриття» з дисципліни
«Інженерія поверхні» для студентів освітньої програми «Відновлення
та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» для всіх форм
навчання / Укл.: С.П.Бережний. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 10 с.

Укладач: С.П. Бережний, к.т.н., доцент.

Рецензент: О.Г. Биковський, д.т.н. ,проф.

Відповідальний

за випуск: С.П. Бережний

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 10 від 18.05.2018 р.

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

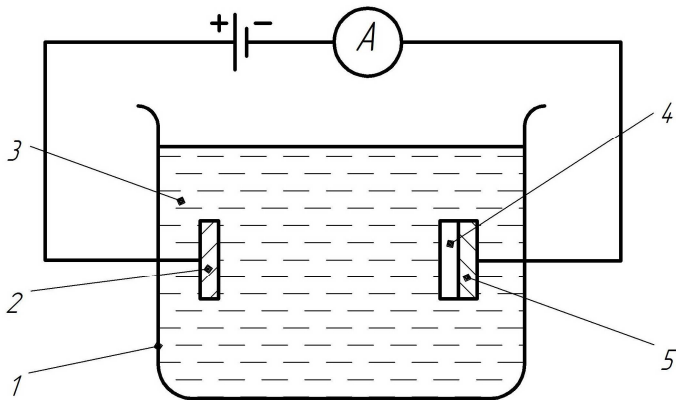
Протокол № 10 від 19.06.2018

1 МЕТА РОБОТИ

Ознайомитись з основами технології гальванічного нанесення покриття.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Гальванічний спосіб осадження полягає в тому, що у водний розчин солі металу поміщають металічну пластину та виріб, на який наноситься покриття. До пластини і виробу підводять постійний струм. При цьому пластина стає анодом, а виріб – катодом (рис. 2.1).



1 – ванна; 2 – анод; 3 – електроліт; 4 – осаджувана плівка; 5 – катод

Рисунок 2.1 – Конструктивна схема електролітичної ванни

Гальванічні покриття можуть бути з чистих металів, сумішей металів, сплавів або металів, які змішані з неметалевими речовинами, їх називають *композиційними електрохімічними покриттями* (КЕП).

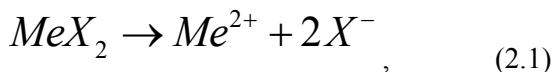
Осад чистого металу отримується з електролітів, до складу яких входять солі цього металу.

Неметалеві осадки виникають при використанні розчинів, в яких неметали містяться у вигляді простих суспензій або сполук, здатних до руйнування і осадження на катоді.

Електрохімічне осадження металів засновано на

електрохімічних законах перетворення речовин на границі поділу провідників першого і другого роду.

Суть електролізу. У водних розчинах молекули солей, кислот і лугів дисоціюють (розпадаються) на електрично-зарядженні частинки – іони. Наприклад, в розчині електроліту при дисоціації утворюються іони:



де X^{-} – сульфат, нітрат та інші іони.

Це *перша стадія* електрохімічного осадження металів.

Друга – під впливом електричного струму відбувається перенос іонів з об'єму електроліту до електродів.

Третя – відбуваються два види перетворень. В результаті на аноді звільняються електрони, а на катоді електрони приєднуються.

Четверта – дифузія адсорбованих атомів по поверхні електроду до місця росту плівки та втілення в кристалічну ґратку.

Осадження металів на катоді чи розчинення їх на аноді відбувається у відповідності до закону Фарадея: *кількість речовини, яка виділилася на катоді чи розчинилася на аноді, прямо пропорційна кількості електрики, що пройшла через розчин:*

$$m = \frac{I \cdot \tau \cdot A}{26,8 \cdot Z}, \quad (2.2)$$

де A – атомна маса металу (г/моль);

Z – валентність;

τ – час (год.);

I – сила струму (А).

Таким чином, середню товщину покриття, що осаджується, можна легко розрахувати, знаючи силу струму, час нанесення покриття, площу поверхні, яка обробляється, і хімічний еквівалент металу, який використовується для покриття. Існує ще один додатковий фактор, який впливає на результати розрахунку: ККД катода під час електроосадження. Наприклад, для міді значення ККД приблизно дорівнює 100 %, якщо осадження здійснюється з кислотного розчину сульфату міді. Однак для іншого розчину чи

металу ККД може значно зменшуватись і досягати, наприклад, для хрому 8—18 %. Крім того, товщина осаду залежить від відстані між анодом і катодом. Здатність розчину електроліту при нанесенні гальванічних покриттів долати цю залежність називається його *розсіювальною здатністю* (або *макророзсіювальною здатністю*). Наприклад, мідь — метал із доброю розсіювальною здатністю, хром — з поганою. На цю властивість може впливати також склад ванни і режим її роботи. Через обмежену розсіювальну здатність на товщину осаду впливає форма поверхні виробу, який обробляється: товщина осаду збільшується на гострих крайках та виступах і незначно зменшується в заглибленнях і впадинах.

На початковій стадії утворення осаду в кристалічній структурі покриття можуть бути дефекти (наприклад, пори). За умови, що робочі параметри процесу електроосадження забезпечують оптимальні умови для зростання осаду, ці дефекти усуваються при збільшенні товщини осаду. Як правило, пори зникають, якщо товщина покриття досягає кількох мікрометрів.

На катоді, як правило, крім металу, виділяється також і водень. Внаслідок чого практично виділена кількість металу завжди менша, ніж розрахована теоретично.

За допомогою електрохімічного осадження можна наносити цинк, нікель, олово, мідь, хром та інші метали для отримання декоративних, зносостійких, корозійностійких покриттів, для у відновлення деталей машин. Наприклад, мідь використовується для створення декоративних покриттів, струмопровідних шарів, для створення мідної фольги, а також проміжного м'якого про шарку на поверхнях деталей, що зварюються дифузійним зварюванням у вакуумі.

Електроліти, які використовують для осаджування міді можна розділити на два основні класи: кислі і комплексні, в яких мідь знаходиться у вигляді негативних або позитивних заряджених комплексних іонів. В кислих електролітах неможливо осаджувати мідь на метали більш електронегативні, чим мідь. Склад сірчанокислого електроліту наведено у табл. 2.1.

Хром застосовують для декоративного покриття, підвищення твердості і жаростійкості поверхні металу, а також для утворення поверхонь, які добре відбивають світло. Хромові покриття пористі, тому під ними на чорних металах згодом виникає корозія. Для

підвищення антикорозійної стійкості застосовують багатошарове покриття: мідь-нікель-хром або нікель-мідь-нікель-хром.

Таблиця 2.1 – Склад сірчаноокислого електроліту та інші показники для міднення

Мідь сірчаноокисла (мідний купорос)	200-250 г/л
Кислота сірчана	50-70 г/л
Температура	15-25 °C
Густина струму	0,1-0,3 А/мм ²
Швидкість осадження	0,2-0,6 мкм/хв

Склад електроліту залежить від властивостей плівки хрому, яку треба одержати (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Електроліти для хромування

Вид або колір покриття	Компоненти, масові частини на 100 масових частин води					
	Хромовий ангідрид	Сірчана кислота	Оцтова кислота	Оцтово-кислий кальцій	Температура електроліту, °C	Густина струму, А/дм ²
Декоративне	350	3,5	-	-	35-40	10-15
Тверде	150	1,5	-	-	50-55	45-100
Чорне	250	-	6,25	8	25-30	100

Якість хромового покриття залежить також від температури електроліту. Наприклад, якщо ванна працює при температурі 30-55 °C, то поверхня стає блискучою. При температурі нижче 30 °C покриття набуває матового відтінку, а вище 55-80 °C – молочного. У хромових ваннах анодами служить свинець або сплав свинцю (93 %) і сурми (7 %).

Здатність електроліту знижувати ступінь шорсткості на поверхні основного металу, тобто його *мікророзсіювальна здатність*, є особливою властивістю, що називається *вирівнюванням*. Електроліт із позитивними властивостями вирівнювання створює осад, який поступово вирівнюється на поверхні основного металу в міру збільшення товщини шару покриття.

Опірність корозії покриття зменшується зі збільшенням внутрішнього механічного напруження внаслідок підвищення

здатності гальванічного покриття до руйнування в міру розвитку корозії. При порушенні захисних властивостей покриття основний шар залишається незахищеним. Внутрішні напруження в покритті можуть бути зумовлені структурною невідповідністю між основним металом і найближчими до нього атомними шарами покриття або між способом осадження і кристалізацією металу з електроліту.

Особливістю гальванічного процесу є виділення водню на катоді. Молекули водню, які отримані відновленням іонів водню або молекул води, можуть виділятися в газоподібному стані, а водень в атомарному стані може дифундувати або в покриття, або в основний метал. Виділення на катоді водню у вигляді газових бульбашок може стати причиною утворення порожнин, нерівних осадів або осадів із кристалічними дефектами. З метою усунення цього газ з поверхні катода видаляється перемішуванням розчину або переміщенням катода.

Якщо водень, який виділяється на катоді, поглинається покриттям або основним металом, то це може зумовити крихке руйнування (наприклад, руйнування високоміцних сталей під час покриття цинком або кадмієм). У таких випадках термічна обробка після нанесення покриття дасть змогу видалити водень і запобігти утворенню тріщин.

Перспективним напрямом розвитку технологій гальванічних покриттів є *композиційні електрохімічні покриття* (КЕП).

Композиційні електрохімічні покриття складаються з металевої матриці і тонкодисперсних частинок іншої фази, розподілених в її об'ємі. Розмір таких частинок становить 0,01 - 50 мкм, об'ємна частка – 1 - 50 %.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Що таке електроліз?
2. Яке обладнання використовують для електролітичного нанесення покриттів?

3. Склад електроліту.
4. Як вибрати анодні пластини?
5. Як на практиці проводять підготовку поверхні?
6. Що таке композиційні електрохімічні покриття

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

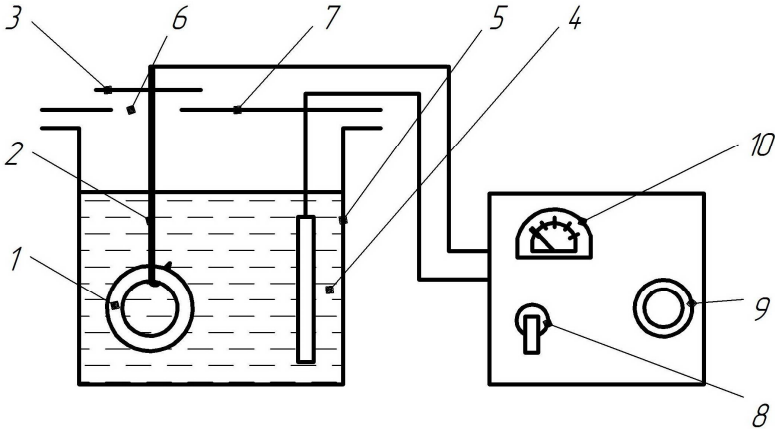
1. Металічні зразки (деталі) із Ст3.
2. Ацетон, паперові серветки.
3. Розчин електроліту.
4. Пінцет.
5. Секундомір.
6. Ваги аналітичні ВЛА-200г-М.
7. Лабораторна установка для осаджування металу.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.
2. Забороняється включати електричні прилади без дозволу завідувача лабораторією чи викладача.
3. У випадку виникнення пожежі чи поразки електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності із затвердженими інструкціями з охорони праці і пожежної безпеки.
4. При виконанні робіт користуватися гумовими рукавичками та захисними окулярами.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитись з роботою установки (рис 6.1).



1 – деталь; 2 – тримач кришки; 3, 7 – кришка; 4 – електроліт; 5 – ванна; 6 – вікно кришки; 8 – тумблер; 9 – латр; 10 – вольтметр

Рисунок 6.1 – Установка для електрохімічного нанесення покриттів

2. Зважити деталь до нанесення покриття.

3. Провести осаджування хрому на деталі. Деталь перед хромуванням очистити в ацетоні. Закріпити деталь 1 в тримачі 2 кришки 3. Занурити деталь 1 в електроліт 4 ванни 5 через вікно 6 кришки 7.

4. Включити джерело живлення переводом тумблера 8 в положення "Вкл". Використовуючи ручку 9 ЛАТРА по вольтметру 10 виставити напругу 6-12 В. Тривалість процесу визначити експериментально.

5. По закінченні процесу відключити джерело постійного струму, вийняти деталь, промити під краном, просушити.

6. Провести візуальний контроль поверхні деталі.

7. За формулою 2.2 розрахувати масу отриманого покриття. Зважити деталь. Порівняти дані, отримані при розрахунку маси теоретичним та практичним шляхами.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема та мета роботи.
2. Короткі теоретичні данні
3. Стислий опис проведених дослідів з фіксацією параметрів процесів.
4. Результати розрахунків.
5. Висновки по роботі.

8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнєцов, В.Д. Фізико-хімічні основи інженерії поверхні [Текст]: навч. посібник / В.М Пашенко, К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов. – К.: ВІПОЛ, 2005. – 372 с.