

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання лабораторної роботи № 3  
«Дослідження процесів автовакуумування та сублимації в герметичних  
об'ємах при контакті різнорідних металів»  
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 № 3 «Дослідження процесів автовакуумування та сублимації в герметичних об'ємах при контакті різнорідних металів» 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. – 6 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

Дослідити процес сублимації металів при нагріві в умовах автовакууму.

## 2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Сублимація - один з видів фазових переходів першого роду, коли тверде тіло відразу ж перетворюється у пар, минаючи рідку фазу. Сублимація існує в певному інтервалі температур і тисків і супроводжується поглинанням теплоти (теплота сублимації). Кінетичною характеристикою сублимації служить її швидкість (маса речовини, що переходить із твердого стану в газоподібний за одиницю часу), що залежить від типу твердого тіла (*метал, діелектрик*), температури його поверхні, тиску його насиченого пару і швидкості відводу парів від поверхні. Сублимацію використовують для очищення твердого тіла від поверхневих плівок та для нанесення покриття у вакуумі.

В умовах автовакуумування, при визначеному температурно-часовому інтервалі попереднього підігріву, до утворення фізичного контакту при зварюванні різнорідних матеріалів відбувається сублимація одного з металів та його конденсація на поверхні іншого (рис. 2.1, 2.2).

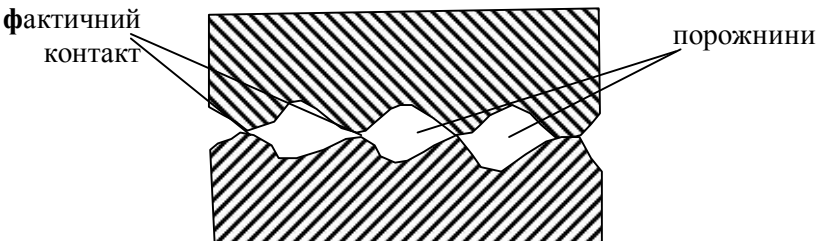
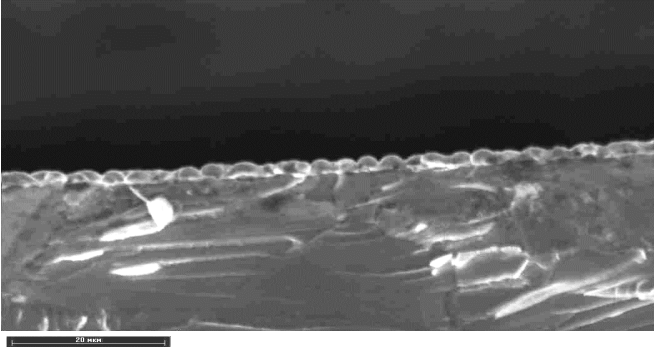


Рисунок 2.1 – Схема контактування шорстких поверхонь при зварюванні в твердій фазі до утворення фізичного контакту.



(20 мкм)

×1500

Рисунок 2.2 – Конденсат міді на хромі (злам) після відпаалу 60 хвилин.

Покриття на металах, отримані сублимацією при нагріванні в умовах автовакууму, істотно відрізняються за структурою від вакуумних покриттів товщиною порядку 1 мкм. У таких покриттях переважає стовпчаста структура з наскрізними порами, а покриття товщиною порядку 1 мкм, отримані іонним методом, мають дрібнозернисту структуру без пор.

### **3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ**

1. Дати визначення сублимації. Різниця між випаровуванням та сублимацією.
2. Механізм створення герметичних мікрооб'ємів при зварюванні в твердій фазі.
3. Охарактеризувати процес автовакуумування герметичних об'ємів.

## **4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ**

1. Зразки міді, титану.
2. Струбцина.
3. Збільшуюче скло  $\times 2$ ,  $\times 3$ ,  $\times 5$  крат.
4. Металографічний мікроскоп МИМ 8М.
5. Муфельна піч СНОЛ-0,25.

## **5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ**

5.1 До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.

5.2 Забороняється включати електричні прилади без дозволу завідувача лабораторією чи викладача.

5.3 У випадку виникнення пожежі чи поразки електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності з затвердженими інструкціями з охорони праці і пожежної безпеки.

## **6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ**

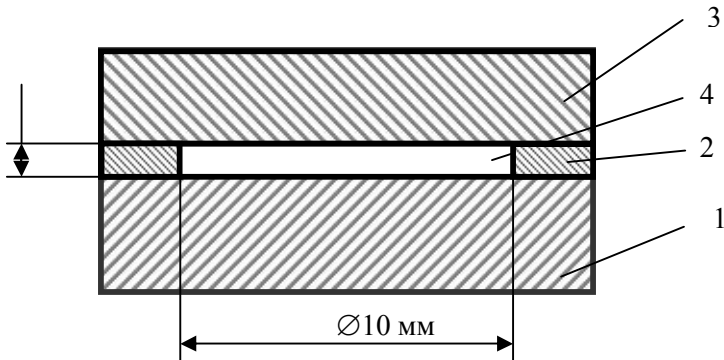
1 Підготувати зразок моделюючий герметичний об'єм (рис. 6.1). Елементи 1 і 2 зразка виготовити з міді, а елемент 3 з Ті, Мо, Сг або Х18Н10Т. Досліджувані поверхні пластин 1, 3 попередньо відполірувати й знежирити ацетоном. За допомогою струбцини зібрати зразок. При цьому герметизація замкнутого об'єму, обмеженого елементами 1, 2, 3 досягається в результаті схоплювання контактуючих поверхонь при незначному зусиллі стиску зразка як у процесі зборки так і період нагріву.

2 Завантажити збірку у муфельну піч та витримати протягом 15

– 20 хвилин при температурі 800-830 °С (пара Cu-Ti), 950-980 °С (пара Cu-Mo, Cr або X18H10T).

3 Після охолодження елементи зразка 1, 2, 3 відокремити один від одного й дослідити топографію й структуру внутрішніх поверхонь на оптичному мікроскопі.

4 Зробити аналіз процесів, що відбулись у герметичних об'ємах. Замалювати топографію поверхні конденсату.



1 – мідна пластина; 2 – кільце з міді; 3 – пластина з Ti, Cr, Mo або сталь X18H10T; 4 – герметичний об'єм

Рисунок 6.1 – Зразок для дослідження сублімації

## 7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема та мета роботи.
2. Короткі теоретичні данні
3. Ескіз шліфа.
4. Результати досліджень.
5. Аналіз отриманих даних.
6. Висновки по роботі.

## 8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Харламов Ю.О., Будаг'янець М.А. Фізика, хімія та механіка поверхні твердого тіла. Навчальний посібник. – Луганськ: Вид-во СУДУ, 2000. – 624 с.