

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ ректора ДВНЗ «ПДТУ»
від 30 серпня 2019 № 147-05
Форма № ПДТУ-3.04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
Факультет інформаційних технологій
Кафедра біомедичної інженерії



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Олійник І. М.

«БІОМАТЕРІАЛИ»

Методичні вказівки до лабораторних робіт
з дисципліни «Біоматеріали»
для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 163 – Біомедична інженерія,
освітньої програми «Біомедична інженерія»

Розроблено в рамках проекту «Erasmus + (CBHE) BioArt: «Інноваційна
мультидисциплінарна навчальна програма зі штучних імплантів для
біоінженерії для рівнів бакалавр та магістр»

Developed in the frame of project «Erasmus+ (CBHE) BioArt: Innovative
Multidisciplinary Curriculum in Artificial Implants for Bio-Engineering BSc/
MSc Degrees»

(586114-EPP- 1-2017- 1-ES- EPPKA2-CBHE- JP)

*This project has been funded with support from the European Commission.
This publication / communication reflects the views only of the author, and the
Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the
information contained there in.*

Маріуполь
2019

УДК 669.14 (083)

Біоматеріали: методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Біоматеріали» для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 163 – Біомедична інженерія, освітньої програми «Біомедична інженерія» / уклад. І. М. Олійник. Маріуполь : ДВНЗ «ПДТУ», 2019. - 18 с.

Методичні вказівки складені відповідно до програми курсу «Біоматеріали». Методичні вказівки до лабораторних робіт містять теоретичні відомості, порядок проведення робіт, вказівки до оформлення звіту, контрольні запитання та рекомендовану літературу.

Складач: І. М. Олійник, канд. техн. наук, доцент

Рецензент: В.Г.Єфременко, доктор тех. наук, професор

Затверджено
на засіданні кафедри «Біомедична інженерія»,
протокол № 7 від 12 грудня 2019 р.

Затверджено
методичною комісією
факультету інформаційних технологій,
протокол № 5 від «24» грудня 2019 р.

© ДВНЗ «ПДТУ» 2019

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Лабораторна робота № 1. МІКРОСКОПІЧНИЙ АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ.....	5
1.1 Теоретичні відомості	5
1.1.1 Приготування мікрошліфів	5
1.1.2 Пристрій металографічного мікроскопу ...	8
1.2 Порядок і методика виконання роботи	12
1.3 Зміст звіту	12
Лабораторна робота № 2. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТРИБОМЕТРУ «MICRON-TRIBO»	13
2.1 Теоретичні відомості	13
2.2 Порядок і методика виконання роботи	15
2.3 Зміст звіту	16
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	17

ВСТУП

Методичні вказівки до лабораторних робіт дисципліни «Біоматеріали» розроблена в рамках проекту «Erasmus + (CBHE) BioArt: «Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма зі штучних імплантів для біоінженерії для рівнів бакалавр та магістр» та складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів «Біомедична інженерія» за спеціальністю 163 – Біомедична інженерія.

Лабораторні роботи з курсу «Біоматеріали» призначені для поглибленого вивчення теоретичних питань, формування знань і умінь, необхідних для вирішення наукових і інженерно-технічних завдань.

Проведення лабораторних занять складається з наступних етапів:

- опитування студентів з теоретичної частини лабораторної роботи і оцінка викладачем готовності кожного з них (при незадовільну оцінку студент до виконання лабораторної роботи не допускається);
- повторний інструктаж з техніки безпеки по кожній роботі, на конкретному робочому місці;
- виконання лабораторної роботи під керівництвом лаборанта (майстра виробничого навчання) та викладача;
- аналіз і обговорення отриманих результатів і формулювання висновків на чернетці;
- оформлення звіту в робочому зошиті (робочому журналі) і захист роботи.

Перелік лабораторних робіт складено у відповідність з робочою програмою за темами лекційного матеріалу.

Лабораторна робота № 1. **МІКРОСКОПІЧНИЙ АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ**

Мета роботи: оволодіти методикою приготування мікрошліфів, вивчити пристрій металографічного мікроскопа і набути навичок металографічного аналізу сплавів.

1.1 Теоретичні відомості

Мікроскопічний аналіз - це дослідження структури і пороків металів і сплавів за допомогою металографічних мікроскопів при великих збільшеннях. Він дозволяє встановити якість металів і сплавів (тобто засміченість неметаллическими включеннями - оксидами, сульфідами і т.д.), величину і форму зерен, морфологічні особливості та розміри окремих структурних складових.

Мікроскопічний аналіз складається з наступних етапів:

- а) приготування мікрошліфів;
- б) травлення мікрошліфів;
- в) вивчення мікроструктури під мікроскопом.

Розглянемо докладніше методику кожного з цих етапів.

1.1.1 Приготування мікрошліфів

Мікрошліфом називається зразок металу, який спеціально виготовлений для дослідження його структури за допомогою мікроскопу. Процес приготування мікрошліфів полягає в шліфуванні та поліруванні. Поверхня мікрошліфа повинна бути абсолютно плоскою і дзеркальною.

Найбільш зручними розмірами мікрошліфа є циліндр діаметром $d = 12 \dots 15$ мм, або паралелепіпед зі стороною

основи $a = 12 \dots 15$ мм і висотою $h = 10 - 15$ мм. Однак далеко не завжди можна виготовити мікрошліф рекомендованих розмірів. Часто форма і розміри визначаються конфігурацією досліджуваних деталей або напівфабрикатів і можуть бути значно зменшені або більше оптимальних, наприклад, листи, дріт, невеликий різальний інструмент, уламки деталей, зварні шви і т.д. У цьому випадку для отримання плоскої полірованої поверхні доводиться вдаватися до спеціального закріплення їх в пристосування. Якщо зразок являє собою тонку пластинку або лист, його затискають в струбцину. Якщо ж зразок має невеликі розміри та неправильну форму, його заливають у циліндричні обойми бакелітом, епоксидною смолою, органічним склом або легкоплавким сплавом.

Вирізка зразка для мікрошліфа проводиться ножівкою, фрезою, різцем, а при підвищеній твердості - абразивним кругом, не допускаючи розігріву металу. Досліджувану поверхню зразка заторцовують напилком або наждачним кругом, періодично роблячи охолодження в воді.

Шліфування попередньо заторцованої поверхні зразка виробляють на спеціальному наждачному папері (ГОСТ 6456-82, ГОСТ 10054-82), який розміщують на плоску поверхню (наприклад, на скло), або на спеціальних шліфувальних машинах, де шліфувальний папір закріплюється на обертовому диску, діаметром 200 - 250 мм. Шліфування виробляють послідовно, зменшуючи зернистість наждачного паперу. При цьому зразок шліфують в напрямку, перпендикулярному до ризиків, змінюючи на 90° напрямок шліфування при переході на наступний номер паперу. Після закінчення шліфування зразок ретельно промивають водою для видалення частинок абразивного матеріалу, а потім полірують. Поліруванням видаляють дрібні дефекти поверхні, ризики і т.п., що залишилися після тонкого шліфування.

Полірування шліфів здійснюють механічним або електролітичним методами. Механічне полірування здійснюють на обертовому плоскому диску, який обтягнутий полірувальним матеріалом - фетром, сукном, на який наносяться дрібні частинки абразивних матеріалів - оксидів металів (Al_2O_3 , Cr_2O_3) у вигляді водної суспензії.

Електролітичне полірування виробляють в ваннах, наповнених електролітом, причому зразок виступає в якості анода. Шліфовану поверхню зразка мають у своєму розпорядженні проти катода, виконаного з нержавіючої сталі. Під дією електролітичного струму виступи шліфованої поверхні розчиняються, а западини згладжуються, і зразок порівняно швидко набуває полірованої поверхні. Важливою перевагою електролітичного полірування є швидкість отримання дзеркальної поверхні та відсутність будь-яких спотворень в поверхневому шарі, характерних для механічного полірування (наприклад, наклеп).

Полірування вважається закінченим, якщо на полірованій поверхні під мікроскопом не виявляються ризики, подряпини і ін. дефекти. Після полірування зразок промивають водою, потім спиртом і просушують фільтрувальним папером.

Вивчення мікроструктури доцільно починати з розгляду мікрошліфа, який не травили, тобто безпосередньо після полірування, промивання та висушування. Під мікроскопом такий шліф має вигляд світлого кола, на якому часто можна побачити темні, жовті або іншого кольору ділянки зазвичай невеликих розмірів. Ці ділянки є слідами неметалевих включень (оксидів, сульфідів, нітридів, силікатів). В цьому випадку зазвичай вивчається структура графітових включень в чавунах (сірому, ковкому, модифікованому і ін.). Виявляються також мікротріщини і мікропори, найчастіше зустрічаються в виливках і зварних швах.

Для вивчення мікроструктури шліф піддають травленню. Метод хімічного виборчого травлення, який заснований на відмінності фізико-хімічних властивостей окремих фаз і граничних ділянок зерен. В результаті різної інтенсивності взаємодії та розчинення створюється своєрідний рельєф на поверхні шліфа. Відмінності зовнішнього вигляду структурних складових після травлення під мікроскопом обумовлені різною їх відбивною здатністю.

Для здійснення травлення мікрошліф занурюють полірованою поверхнею в розчин обраного складу і через деякий час його виймають для огляду. Якщо полірована поверхня придбала злегка матовий вид, травлення вважається закінченим, і шліф відразу ж промивають водою, потім спиртом і висушують фільтрувальним папером. Тривалість травлення залежить від складу сплаву, складу і концентрації травника і визначається дослідним шляхом. Травлення можна здійснювати і електролітичним методом, аналогічно електролітичній полірування шліфів.

1.1.2 Пристрій металографічного мікроскопу

Для вивчення мікроструктури непрозорих твердих тіл використовують металографічні мікроскопи, розгляд об'єктів в яких проводиться у відбитому світлі.

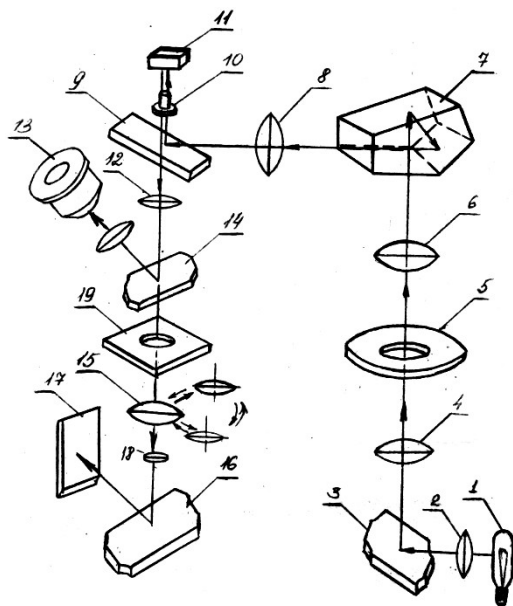
Мікроскопи бувають вертикальні і горизонтальні.

Оптична схема найпростішого вертикального мікроскопа МІМ-7 приведена на рис. 1.1. Вона працює в такий спосіб. Світло потужної лампи 1 напругою 17 В і потужністю 170 Вт, підключається через понижуючий трансформатор ТР-17, проходить через колектор 2, потрапляє на дзеркало 3 і через лінзу 4, апертурну діафрагму 5, лінзу 6, призму 7 і лінзу 8 надходить на плоско паралельну відбивну пластинку 9, яка відобразить близько 1/3 всього світлового потоку, а потім через об'єтив 10 на мікрошліф 11. Відбившись від шліфа, розташованого в фокальній площині

об'єктива, промені знову потрапляють в об'єктив, проходять паралельним пучком через плоско-паралельну пластинку 9 і далі в ахроматичну лінзу 12 і відбившись від дзеркала 14, надходять в окуляр 13.

Для фотографування дзеркало 14 висувають разом з тубусом візуального спостереження, і промені проходять через один з трьох окуляр 15. Відбиваючись від дзеркала 16, промені потрапляють на матове скло або на фотопластинку 17. Для фотографування використовують фотозатвор 19.

Оптична система включає об'єктив, окуляр і ряд допоміжних оптичних елементів: дзеркала, призми і т. п. Об'єктив, який спрямований на об'єкт (мікрошліф) дає дійсне збільшене зворотне зображення шліфа і являє собою складне поєднання лінз, розташованих в одній загальній оправці. Окуляри, через які дослідник спостерігає зображення, не тільки дають уявне збільшення (тобто збільшення проміжного зображення), але і виправляють оптичні дефекти, які повністю не усуваються навіть в об'єктивах складної конструкції. Збільшення окуляра менше, ніж об'єктива і підбирається таким чином, щоб зображення було чітким.



1 - освітлювач; 2 - колектор; 3 - дзеркало; 4 - лінза; 5 - апертурна діафрагма; 6 - лінза; 7 - призма; 8 - лінза; 9 - відбивна пластина; 10 - об'єктив; 11 - об'єкт; 12 - ахроматична лінза; 13 - окуляр; 14 - дзеркало; 15 - лінза окуляр; 16 - дзеркало; 17 - фотопластинка; 18 - лінза; 19 - фотозатвор.

Рисунок 1.1 - Оптична схема мікроскопа МІМ-7.

Максимальне корисне збільшення мікроскопа визначається за формулою:

$$M = \frac{d_1}{d_2}$$

(1.1)

де d_1 - максимальна роздільна здатність людського ока, що дорівнює 0,3 мм; d_2 - максимальна роздільна здатність оптичної системи.

Під роздільною здатністю розуміють здатність давати чітке розділене зображення двох близько розташованих точок даного об'єкту. Максимальна роздільна здатність оптичної системи визначається з умов дифракції за наступним рівнянням:

$$d_2 = \frac{\lambda}{2n \sin(\alpha/2)} \quad (1.2)$$

де λ - довжина хвилі світла (для білого світла $\lambda = 600$ нм);

n - коефіцієнт заломлення;

$\alpha / 2$ - половина кута розкриття вхідного світлового пучка.

Максимальне корисне збільшення мікроскопа досягається, коли d_2 має мінімальне значення, тобто при постійній λ величина $n \sin \alpha / 2$ звана числовою апертурою (A) буде максимальною. Тому треба прагнути до найбільших величин кута $\alpha / 2$ і коефіцієнта заломлення n . Зазвичай в мікроскопі спостерігають в повітряному середовищі ($n = 1$). Для отримання великих збільшень (меншого d_2) між зовнішньою лінзою об'єктива і поверхнею шліфа використовують імерсійні середовища, наприклад, кедрова олія; $n = 1,52$ (рис. 1.2).

Тоді роздільна здатність оптичної системи складе $d_2 = 600 / (2 \cdot 1,5 \cdot 1) = 0,2$ мкм, а максимальне корисне збільшення - 1500 разів.

Загальне збільшення мікроскопа можна прийняти рівним множення збільшення окуляра і об'єктива.

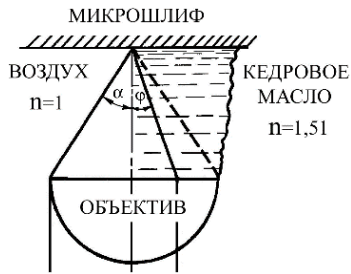


Рисунок 1.2 - Вплив коефіцієнта заломлення середовища на хід світлових променів в сухому і імерсійному об'єктиві

Для вивчення мікроструктури мікрошліф встановлюється на предметний столик підготовленою поверхнею до об'єктиву (вниз). Спочатку фокусування здійснюється шляхом підняття або опускання столика плавним обертанням гвинта грубої наводки до появи зображення в окулярі. Після фіксації гвинта грубої наводки здійснюють точну наводку за допомогою мікрометричного гвинта і домагаються максимальної чіткості зображення. Яскравість зображення регулюється напругою на трансформаторі, діафрагмами і світлофільтрами. Столик зі шліфом переміщається в горизонтальній площині в двох взаємно перпендикулярних напрямках за допомогою спеціальних гвинтів, розташованих безпосередньо на столику.

Широко використовуються також і горизонтальні мікроскопи МІМ-8, бінокулярні вертикальні мікроскопи ММР, «NU-2E», "Neophot-21», «Neophot-30» (Німеччина).

1.2 Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з методикою приготування мікрошліфів.
2. Ознайомитися з пристроєм металографічного мікроскопа.
3. Виготовити мікрошліф, використовуючи точильно-шліфувальний верстат (Grinding and polishing machine sm 300).
4. Вивчити і замалювати мікроструктуру шліфів (після шліфування, полірування і травлення).

1.3 Зміст звіту

Найменування і мета роботи.

Короткий опис методики приготування мікрошліфів.

Привести оптичну схему металографічного мікроскопа.

Привести результати роботи у вигляді рисунків мікроструктури.

Висновки.

Контрольні питання:

1. Які завдання мікроскопічного аналізу?
2. Як правильно приготувати мікрошліф?
3. Від чого залежить і як визначається збільшення мікроскопа?
4. Що таке і від чого залежить роздільна здатність мікроскопа?
5. Як пояснити оптичну схему мікроскопа МІМ-7?
6. У чому сутність визначення величини зерна за стандартною шкалою?

Лабораторна робота № 2. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТРИБОМЕТРУ

«MICRON-TRIBO»

Мета роботи: вивчення конструкції трибометра «Micron-tribo»; знайомство з роботою виміральної і реєструючої апаратури трибометра.

2.1 Теоретичні відомості

Знос - це величина, за допомогою якої кількісно оцінюється зміна розмірів, обсягу і маси деталей, що відбулося в результаті зношування. Крім цього, зношування характеризується швидкістю, тобто відношенням величини зносу до інтервалу часу, протягом якого він виник, або інтенсивністю зношування - відношенням величини зносу до шляху, на якому відбулося зношування, або до величини виконаної роботи.

Тертя виникає при відносному переміщенні робочих поверхонь деталей і супроводжується їх зношуванням.

Зношування - це процеси руйнування, відділення частинок матеріалу з поверхні твердого тіла і накопичення залишкової деформації при терті. Зношування проявляється в поступовій зміні розмірів і форми тіла, а також у зміні взаємного розташування поверхонь деталі.

Трибологія - наука про тертя і процесах, що супроводжують тертя. **Трибометрія** - розділ трибології, що вивчає методи визначення трибологічних параметрів матеріалів. **Триботехніка** - наука про контактну взаємодію тіл при їх відносному русі, що охоплює весь комплекс питань тертя, зношування та змашування. Для визначення трибологічних властивостей матеріалів в лабораторних умовах використовують трибометр або машини тертя.

На трибометрі об'єктом дослідження є модельна трибосистема, в якій взаємодіють зразок і контртіло. Зразок -

змінний елемент модельної трибосистеми, для матеріалу якого визначають трибологічні властивості. Контртіло - постійний елемент модельної трибосистеми.

Важливою характеристикою умов контактної взаємодії в модельній трибосистемі є коефіцієнт взаємного перекриття

$K_{вз}$, що є відношенням площі поверхні тертя зразка ($A_{зр}$) і контртіла ($A_{кт}$):

$$K_{вз} = A_{зр} / A_{кт}.$$

Величина коефіцієнта взаємного перекриття визначає розвиток теплових процесів в елементах трибомеханічної системи.

Оскільки в технічних пристроях зустрічаються трибомеханічні системи різної структури, для їх моделювання в лабораторних умовах використовуються трибометр різної конструкції.

Трибометр класифікують за характером відносного руху зразка (класи: установки односпрямованого відносного переміщення; установки знакозмінного відносного переміщення), всередині кожного класу виділяють дві групи машин, які відрізняються за характером контактування зразка і контртіла (машини торцевого тертя; машини тертя з контактом по утворювальній), всередині кожної групи виділяють дві підгрупи, що відрізняються значенням коефіцієнта взаємного перекриття: $K_{вз} \rightarrow 1$, $K_{вз} \rightarrow 0$.

Такий поділ машин тертя необхідно для моделювання різних видів руйнування поверхонь тертя і для виявлення впливу на характер руйнування окремих факторів (наприклад, фізикохімічних процесів).

При однобічному і знакозмінному рухах характер руйнування різко відрізняються. Проведені до цього часу дослідження показали, що зміна коефіцієнта взаємного перекриття змінює знос зразка на кілька порядків. Торцеве

тертя і тертя по утворювальній дають різний ефект в умовах граничного мастила, тому що змінюються умови утворювання і руйнування плівок мастила.

Машина тертя «Micron-tribo» призначена для проведення випробувань на тертя і знос за схемою «куля-диск», «палець - диск». Вона складається з механічного блоку, блоку електроніки і програмного забезпечення (рис. 2.2).

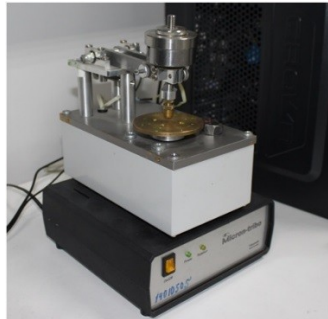


Рисунок 2.2 - Машина тертя «Micron-tribo»

Технічні характеристики трибometру «Micron-tribo»:
частота обертання - 20-65 об / хв
максимальний діаметр зразка - 110 мм
максимальна товщина зразка - 25мм
діаметр сліду - 3-40 мм
максимальне навантаження - 15 Н
розміри - 200x110x210.

2.2 Порядок виконання роботи

1. Студенти знайомляться з пристроєм трибometру «Micron-tribo» і освоюють методика визначення зносостійкості.

2. Кожному студенту надаються зразки для зношування. Студент повинен самостійно провести випробування.

3. Ознайомитися з роботою аналітичних вагів.

2.3 Зміст звіту

Найменування і мета роботи.

Короткий опис методики випробування на трибометрі «Micron-tribo».

Привести схему трибометра «Micron-tribo».

Висновки.

Контрольні питання:

1. Що таке трибометрія?
2. Переваги застосування випробувань на трибометрі.
3. Порядок підготовки трибометр для проведення випробувань при терті.
4. Класифікація трибометра за характером контактування зразка і контртіла.
5. Класифікація трибометрів за спрямованістю руху.
6. Порядок роботи на трибометрі «Micron-tribo».
7. Вимірювання зносу зразків.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Геллер Ю. А. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи. Учебн. Пособие для вузов.- 6-е изд. перераб. и доп. / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт – М. : Металлургия, 1989. - 456 с.

2. Механические свойства материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://works.doklad.ru/view/9W6RtnP4x-E.html>