

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до виконання лабораторної роботи № 3**  
**«Визначення ударної в'язкості металів»**

**з навчальної дисципліни «Системи технологій»**

**для здобувачів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»**  
**спеціальності 131 «Прикладна механіка»**

**2024**

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 3 «Визначення ударної в'язкості металів» з навчальної дисципліни «Системи технологій» для здобувачів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл.: В.Г. Міщенко, Е.А. Бажміна – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 10 с.

Укладачі: В.Г. Міщенко, професор, д-р техн. наук  
Е.А. Бажміна, доцентка, докторка філософії

Рецензент: М.Ю. Осіпов, доцент, канд. техн. наук

Гаранти ОПП: О.Є. Капустян, доцент кафедри «ІТЗ та МК»,  
канд. техн. наук  
М.Ю. Осіпов, доцент кафедри «ІТЗ та МК»,  
канд. техн. наук

Відповідальний  
за випуск: Е.А. Бажміна, доцентка, докторка філософії

Затверджено  
на засіданні кафедри  
«Інтегровані технології зварювання  
та моделювання конструкцій»  
Протокол № 7  
від «3» квітня 2024 р.

Рекомендовано до видання  
НМК ІФ факультету  
Протокол № 9  
від «14» травня 2024 р.

**ЗМІСТ**

ВСТУП.....	4
1 МЕТА РОБОТИ .....	5
2 МАТЕРІАЛИ Й УСТАТКУВАННЯ .....	5
3 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	5
4 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ .....	8
5 ЗМІСТ ЗВІТУ .....	9
6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	9
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	10

## ВСТУП

Курс «Системи технологій» є необхідною складовою частиною циклу освітньо-професійної підготовки фахівців, які працюючи в умовах ринкової системи, зможуть добре орієнтуватись у тенденціях розвитку сучасних технологій у паливно-енергетичному комплексі, машинобудуванні, металургії та в електроніці.

Згідно з програмою навчальної дисципліни «Системи технологій» основною метою її викладання є формування та засвоєння студентами економічних основ технологічного розвитку, визначення та засвоєння чинників, що впливають на собівартість та якість продукції в порівнянні сучасних технологій України, Японії, США, Німеччини та інших розвинених країн світу, а також рівня розвитку технологій як пріоритетного напрямку забезпечення соціальних потреб населення та підвищення його життєвого рівня. Важливо знати принципи економічної доцільності вироблення певного продукту або досконалості й ефективності технологічного процесу та вміти їх визначити в грошовому еквіваленті.

В умовах експлуатації багато деталей і конструкцій можуть крихко руйнуватися під дією ударних навантажень. Водночас, схильність металів до крихкого руйнування зростає при збільшенні прикладеного навантаження, зниженні температури, збільшенні розмірів зерна, наявності надрізів, підвищенні вмісту в сталі вуглецю, а також шкідливих домішок: фосфору, сірки, кисню, водню, азоту. Оскільки статичні випробування на розтяг не відбивають повністю опір матеріалів крихкому руйнуванню при ударних навантаженнях, застосовують динамічні випробування на ударний вигин, розтягування, стискування, крутіння тощо.

Методичні вказівки призначені для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» спеціальності 131 «Прикладна механіка».

## 1 МЕТА РОБОТИ

1. Вивчити будову й роботу маятникового копра та засвоїти методику визначення ударної в'язкості.
2. Дослідити вплив вуглецю на пластичну деформацію (відносне звуження) ударних зразків і ударну в'язкість вуглецевих сталей.

## 2 МАТЕРІАЛИ Й УСТАТКУВАННЯ

Маятниковий копер; штангенциркуль; шаблон для встановлення ударного зразка на копрі. Зразки з U-подібним надрізом зі сталей марок: 10, 25, 45, У7, У10, У13 у нормалізованому стані.

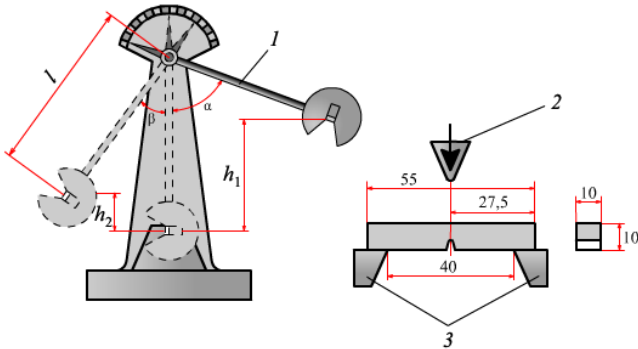
## 3 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

В умовах експлуатації багато деталей і конструкцій можуть крихко руйнуватися під дією ударних навантажень. Водночас, схильність металів до крихкого руйнування зростає при збільшенні прикладеного навантаження, зниженні температури, збільшенні розмірів зерна, наявності надрізів, підвищенні вмісту в сталі вуглецю, а також шкідливих домішок: фосфору, сірки, кисню, водню, азоту. Оскільки статичні випробування на розтяг не відбивають повністю опір матеріалів крихкому руйнуванню при ударних навантаженнях, застосовують динамічні випробування на ударний вигин, розтягування, стискування, крутіння тощо.

Найбільшого поширення набули динамічні випробування на ударний вигин зразків із надрізом-концентратором напружень (випробування на ударну в'язкість).

Ударні випробування на вигин проводять на маятникових копрах (рис. 3.1). Основою копра є дві опори, між якими знаходиться маятник, який рухається за допомогою шарикопідшипників і горизонтальної вісі, підвішеної до опор. На тій же вісі розміщена підйомна рама. Перед випробуваннями підйомну раму піднімають і закріплюють за допомогою храпового механізму. Далі маятник піднімають на визначену висоту і фіксують його на рамі в положенні «зарядка». У цьому положенні маятник має визначений запас енергії. Якщо відпустити маятник, то після падіння під дією сили ваги він зруйнує

встановлений на опорах зразок. Зупинка копра після руйнування зразка здійснюється гальмом. До маятника прикріплена мотузка, перекинута через блоки й натягнута вантажем. Після руйнування зразка, маятник знову почне рухатись у зворотному напрямку, гальмо зупинить його.



1 – маятник; 2 – ніж маятника; 3 – опори

Рисунок 3.1 – Схема випробувальної установки для визначення ударної в'язкості

**Ударна в'язкість** – характеристика металу, яка оцінюється роботою, витраченою на деформування і руйнування зразка та визначається як відношення роботи ударного руйнування вигином до площі поперечного перерізу зразка в місці надрізу (зразки крихких матеріалів випробують без надрізу).

Залежно від мети випробування зразки можуть мати надрізі: U-подібний з радіусом надрізу 1 мм; V-подібний з радіусом 0,25 мм та у вигляді тріщини (рис. 3.2). Тому, у позначення в'язкості вводиться третій індекс: KCU, KCV, KCT відповідно.

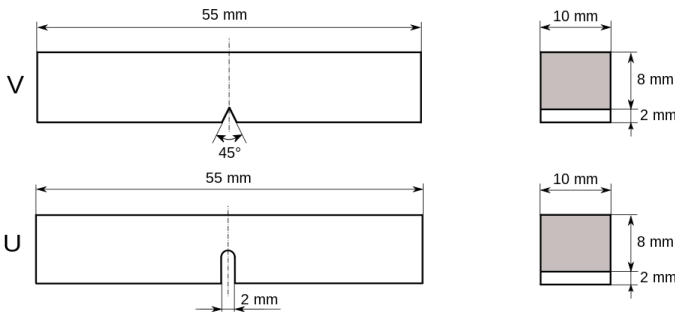


Рисунок 3.2 – Форма та розміри зразків для випробування на ударну в'язкість

У вихідному (верхньому) положенні маятник вагою  $P$ , піднятий на висоту  $H$ , має потенційну енергію  $PH$ , Дж (рис. 3.3).

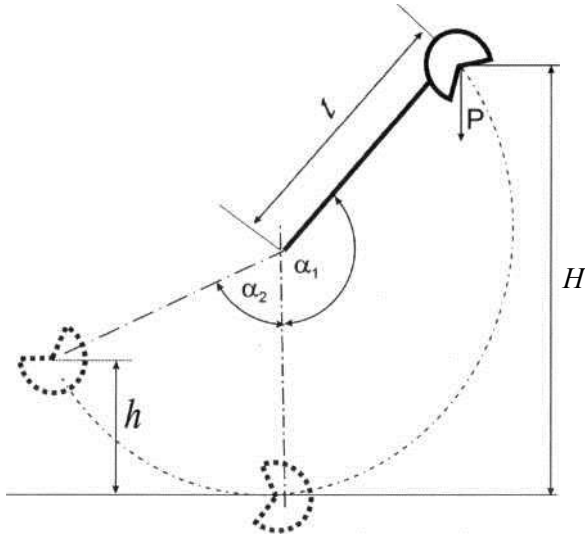


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема для визначення ударної в'язкості

Рухаючись вниз, маятник руйнує зразок, витративши на це певну частину енергії. Проте в нього ще залишається енергія  $Ph$  для підйому маятника на висоту  $h$ . Тому роботу руйнування  $K$ , Дж, визначають за формулою:

$$K = PH - Ph = Pl (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \quad (3.1)$$

де  $l$  – довжина маятника, м;

$\alpha_1$  та  $\alpha_2$  – кути підйому маятника до та після удару (руйнування зразка), град.

Під час проведення випробування маятник піднімають на заданий кут  $\alpha_1$ , а кут  $\alpha_2$  фіксується після руйнування на циферблаті копра. За даними постійної копра  $Pl$ , кутами  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ , використовуючи таблиці, знаходять роботу руйнування  $K$ , Дж. У конструкціях деяких копрів роботу руйнування визначають безпосередньо за приладом копра.





6. За результатами випробування побудувати графічні залежності ударної в'язкості від вмісту вуглецю та відносного звуження зразків.

7. Зробити висновки про вплив вуглецю та пластичності на опір сталі руйнування при ударному навантаженні.

## **5 ЗМІСТ ЗВІТУ**

1. Назва роботи та її мета.
2. Основні положення з теми роботи.
3. Ескіз зразка, схема випробування на ударну в'язкість, протокол випробування.
4. Графічна залежність ударної в'язкості від вмісту вуглецю та від відносного звуження зразків.
5. Висновки про вплив вуглецю на ударну в'язкість, про характер залежності між в'язкістю і пластичністю за результатами оброблення експериментальних даних.

## **6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. Який фізичний зміст ударної в'язкості?
2. На яких зразках визначають ударну в'язкість?
3. Наведіть формулу для визначення ударної в'язкості.
4. Як залежить ударна в'язкість від форми надрізу?
5. Як впливає температура випробування на ударну в'язкість?
6. Які елементи, що входять у хімічний склад сталі, знижують ударну в'язкість?

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Афтанділянц Є Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство : підручник. К. : Вища освіта, 2012. 548 с.
2. Дяченко С. С., Дощечкіна І. В., Мовлян А. О., Плешаков Е. І. Матеріалознавство : підручник. Харків : ХНАДУ, 2007. 440 с.
3. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Лабораторний практикум : посібник для вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації / А.С. Опальчук, О.О. Котречко, Л.Л. Роговський, О.Є. Семеновський, І.Л. Роговський. К. : НУБіП України, 2015. 428 с.
4. Міщенко В. Г., Лоскутов С. В. Технології виробництва спеціальних сталей та їхні фізико-механічні властивості : монографія. Riga, Latvia : «Baltija Publishing», 2023. 168 с.
5. Шваб'юк В. І. Опір матеріалів : підручник. К. : Знання, 2016. 400 с.