

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**



**Кафедра автомобілів та автомобільного господарства**

**КОНСТРУКЦІЙНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ  
В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ  
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ЗА ТЕМОЮ  
МІКРОСТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ І  
ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ  
для студентів  
спеціальності 274 Автомобільний транспорт**

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2022

*Рекомендовано до видання навчально-методичним відділом (протокол № 7 від 20.07.2022) за поданням методичної комісії спеціальності 274 Автомобільний транспорт (протокол № 3 від 01.07.2022).*

**Олішевська В. Є.**

Конструкційні та експлуатаційні матеріали в автомобільній галузі. Методичні рекомендації до практичних занять за темою «Мікроструктурний аналіз і властивості вуглецевих сталей» для студентів спеціальності 274 Автомобільний транспорт / В. Є. Олішевська, К. М. Бас, В. В. Кривда ; Міністерство освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2022. – 22 с.

Автори:

В. Є. Олішевська, канд. техн. наук, доц.

К. М. Бас, канд. техн. наук, проф.

В. В. Кривда, канд. техн. наук, доц.

Методичні рекомендації призначено для виконання практичних завдань за темою «Мікроструктурний аналіз і властивості вуглецевих сталей» з дисципліни «Конструкційні та експлуатаційні матеріали в автомобільній галузі» студентами спеціальності 274 Автомобільний транспорт, які здобувають кваліфікаційний рівень бакалавра.

Методичні рекомендації містять завдання і рекомендації до їх виконання, список рекомендованої літератури, а також критерії оцінювання виконання студентами практичної роботи.

Орієнтовано на активізацію навчальної діяльності студентів та спрямування їх у напрямі творчого опрацювання матеріалу за темою «Мікроструктурний аналіз і властивості вуглецевих сталей».

## ЗМІСТ

Вступ	4
1 Мета практичної роботи та результати навчання	5
2 Інструменти, обладнання та програмне забезпечення	5
3 Теоретичні положення	5
4 Порядок виконання практичної роботи	13
5 Складання звіту	13
6 Контрольні питання	15
7 Критерії та процедури оцінювання практичної роботи	16
Перелік джерел посилання	17
Список рекомендованої літератури	19
Додаток А (довідковий) Приклад оформлення титульного аркушу практичної роботи	20
Додаток Б Оцінювання результатів виконання практичної роботи за 100-бальною шкалою	21

## ВСТУП

Традиційним шляхом закріплення теоретичних знань, що одержані на лекціях і при читанні підручників, є виконання практичних робіт [1]. Практичне заняття – форма навчального заняття, на якому для студентів організується детальний розгляд окремих теоретичних положень навчальної дисципліни [2]. Ця форма закріплення теоретичних знань дає гарний результат, але потребує сучасного методичного матеріалу, що особливо актуально в умовах навчального процесу з елементами дистанційного навчання.

З метою полегшення пошуку методичних матеріалів на дистанційній платформі Moodle і розуміння завдань, доцільним стає розробка методичних рекомендацій для окремої теми практичних занять.

Методичні рекомендації призначено для виконання практичних завдань за темою «Мікроструктурний аналіз і властивості вуглецевих сталей» з дисципліни «Конструкційні та експлуатаційні матеріали в автомобільній галузі».

Методичні рекомендації складено відповідно до освітньо-професійної програми вищої освіти «Автомобільний транспорт» та робочої програми навчальної дисципліни «Конструкційні та експлуатаційні матеріали в автомобільній галузі» підготовки студентів спеціальності 274 Автомобільний транспорт, які здобувають кваліфікаційний рівень бакалавра у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, на виконання роботи відведено 8 годин, з яких: аудиторні заняття – 4 години, самостійна робота – 4 години.

## 1 МЕТА ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Метою роботи є досягнення результатів навчання: мати концептуальні наукові та практичні знання, необхідні для визначення якості сучасних автомобільних конструкційних матеріалів, а також обґрунтовувати вибір конструкційних матеріалів та забезпечувати їх раціональне застосування через:

1. Оволодіння методикою мікроструктурного аналізу вуглецевих сталей.
2. Придбання уміння самостійно аналізувати мікроструктури доевтектоїдної, евтектоїдної та заевтектоїдної вуглецевих сталей.
3. Придбання практичних навичок аналізу мікроструктур вуглецевих сталей, впливу вуглецю на кількість і співвідношення структурних складових сталей, визначення марки, механічних властивостей і практичного застосування сталей.

## 2 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

- технічні засоби навчання;
- дистанційна платформа Moodle, Teams;
- активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one) на Офіс 365;
- фотографії мікроструктур вуглецевих сталей;
- стандарти [3]-[9].

## 3 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

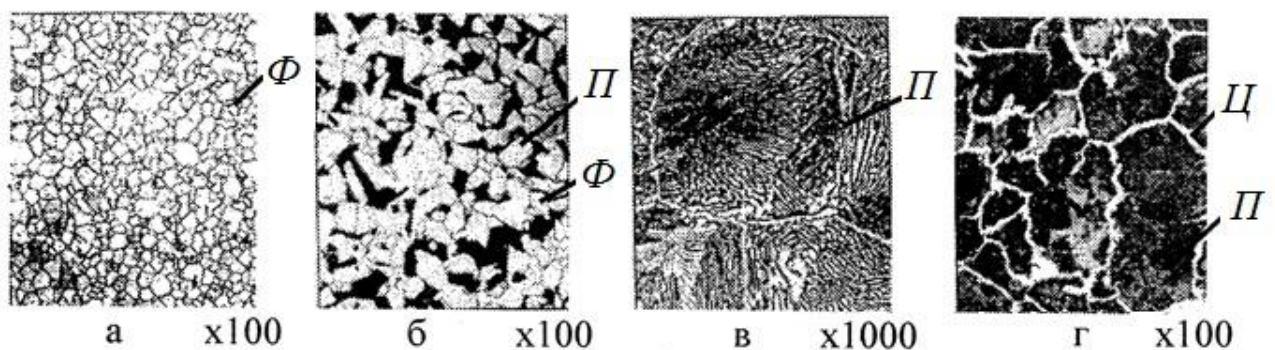
Для виробництва деталей автомобілів широко застосовують вуглецеві сталі. **Сталі** – сплави заліза з вуглецем і іншими легуючими елементами, в яких вуглецю міститься від 0,02 до 2,14 % [10]-[14].

**Вуглецеві сталі** – сталі, в яких основним легуючим елементом є вуглець.

Сплави, які вміщують вуглецю до 0,02 % називаються **технічним залізом**.

Взаємодія вуглецю з  $\alpha$ - і  $\gamma$ - модифікаціями заліза призводить до утворення сплавів, що відрізняються за структурою та властивостями [10].

**Основними структурними складовими сталей** (в залежності від температури і концентрації вуглецю) є ферит ( $\Phi$ ), аустеніт ( $A$ ), цементит ( $C$ ), перліт ( $\Pi$ ) (рис. 1).



$\Phi$  – ферит;  $\Pi$  – перліт;  $C$  – цементит

а – мікроструктура феритної сталі; б – мікроструктура ферито-перлітної сталі;

в – мікроструктура перлітної сталі; г – мікроструктура

перлітно-цементитної сталі

Рисунок 1 – Мікроструктури сталей

**Ферит** – твердий розчин вуглецю в  $\alpha$ -Fe з 0,006 % C при кімнатній температурі і 0,02 % C при температурі 727 °C. Має високу пластичність і низьку твердість (80...100 HB).

**Аустеніт** – твердий розчин вуглецю в  $\gamma$ -Fe. Розчинність вуглецю при температурі 727 °C складає 0,8 % C, при температурі 1147 °C – 2,14 %. Має добру пластичність і твердість (170...220 HB).

**Цементит** – хімічне з'єднання  $Fe_3C$ . Містить 6,67 % C. Має високу твердість (близько 1000 HB), крихкий.

**Перліт** (евтектоїд) – механічна суміш фериту і цементиту. Утворюється при найменшій температурі існування аустеніту – 727 °С. Містить 0,8 % С, має твердість 250...280 НВ. Структура перліту – пластини фериту і цементиту, що поперемінюються. Властивості перліту залежать від дисперсності ферито-цементитної суміші та форми цементиту.

**Властивості сталей.** Вибір марки матеріалу в процесі проєктування виробів здійснюють на основі аналізу комплексу властивостей, які необхідні на етапах виготовлення, експлуатації та відновлення деталей автомобіля.

**Хімічними властивостями** сталей є здатність до хімічної взаємодії з агресивними середовищами, а також антикорозійні властивості.

До **фізичних властивостей** сталей відносяться температура плавлення, густина, коефіцієнт лінійного розширення, електроопір, теплопровідність.

**Механічними властивостями** металів називається сукупність властивостей, що характеризують здатність металевих матеріалів чинити опір впливові зовнішніх зусиль (навантажень) [11].

Основними **механічними властивостями** сталей є міцність, пластичність, міцність від втоми, твердість, ударна в'язкість, повзучість.

**Технологічними властивостями** сталей є ливарні властивості, деформовуваність, зварюваність, оброблюваність ріжучим інструментом.

До **експлуатаційних властивостей** сталей (в залежності від умов роботи деталі автомобіля) відносять зносостійкість, жароміцність, жаростійкість, холодостійкість, антифрикційність.

**Фактори, що впливають на властивості сталей.** Фізико-хімічні та механічні властивості сталей залежать від будови атомів, атомно-кристалічної структури, хімічного складу, мікро- і макроструктури [12].

Мікроструктура має суттєвий вплив на властивості сталей, що робить вивчення мікроструктури актуальним і важливим методом дослідження сталей.

**Аналіз мікроструктури металів** (мікроскопічне дослідження) – це вивчення будови металів і сплавів під оптичним мікроскопом при збільшенні в

50...12000 разів і під електронним мікроскопом при збільшенні в 5000000 разів і більше [3]-[5], [10].

Мікроаналіз за допомогою оптичного мікроскопа здійснюють на спеціальних зразках – мікрошліфах.

**Мікрошліф** – це зріз металу, відполірований до дзеркального стану поверхні.

Спочатку мікрошліфи розглядаються в стані без травлення для виявлення природи і характеру розташування неметалічних включень в сталях, а також визначення мікроефектів: пор, тріщин.

Для виявлення мікроструктури поверхню зразка протравлюють реактивами, в залежності від складу сплаву. Різні фази протравлюються неоднаково та по різному забарвлюються.

Для травлення вуглецевих сталей використовують 5 %-ий розчин азотної кислоти в етиловому спирті. Травленням виявляють форму, розміри і взаємне розташування зерен, окремі фази, кількісне співвідношення структурних складових сталей.

Ферит і цементит під мікроскопом виглядають світлими, а перліт має тонкопластинчасту будову. Чим більш дисперсний перліт (або чим менше збільшення), тим його колір темніший.

Мікроструктура вуглецевих сталей в рівноважному стані, отримана після повільного охолодження (відпаду), може бути визначена за діаграмою стану «залізо-карбід заліза».

За змістом вуглецю та за структурою сталі поділяють наступним чином:

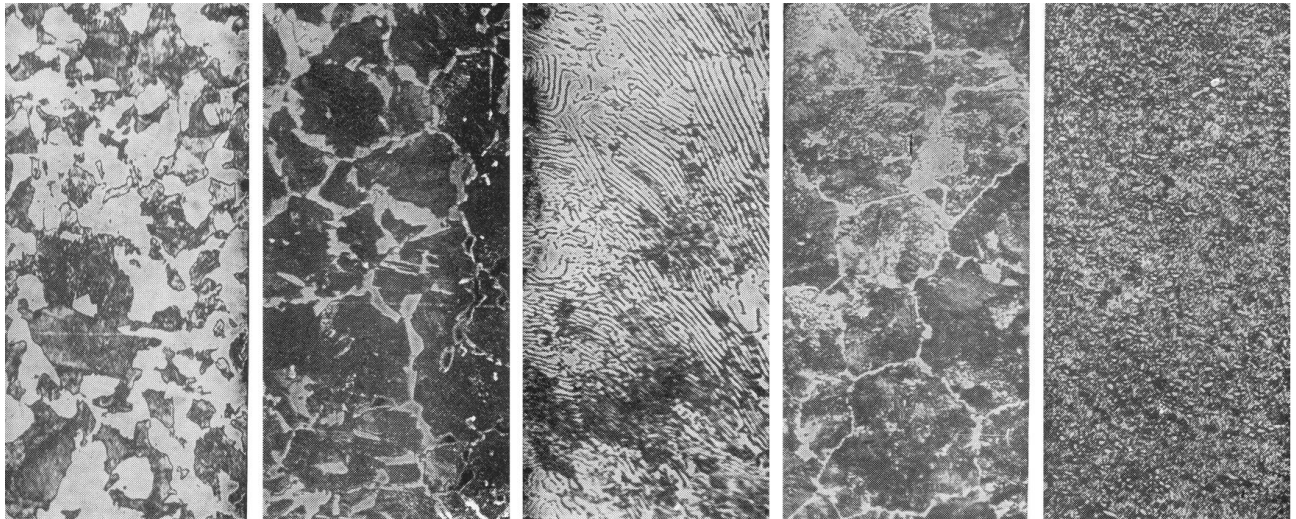
– доевтектоїдні сталі:  $0,02 \% < C < 0,8 \%$ , ферито-перлітна структура ( $\Phi+П$ ) (рис. 2, а, б);

– евтектоїдні сталі:  $C=0,8 \%$ , перлітна структура ( $П$ ), перліт може бути пластинчастий або зернистий (рис. 2, в);

– заевтектоїдні сталі:  $0,8 \% < C < 2,14 \%$ , структура – перліт та цементит вторинний ( $П+Ц_{II}$ ), сітка цементиту розташовується навколо зерен перліту (рис. 2, г, д) [12], [14].



Виділення вторинного цементиту по границях зерен перліту є небажаним, оскільки така структура має підвищену твердість і погано оброблюється різанням. Чим більше в сталі вуглецю, тим ширшою є цементитна сітка і менше утворюється перліту.



а

б

в

г

д

а – доевтектоїдна (0,35 % С, перліт + ферит); б – доевтектоїдна (0,6 % С, перліт + ферит); в – евтектоїдна (0,8 % С, пластинчастий перліт); г – заевтектоїдна (1,1 % С, перліт + сітка вторинного цементиту); д – заевтектоїдна (1,1 % С, перліт + зерна вторинного цементиту)

Рисунок 2 – Мікроструктури сталей

При виконанні практичної роботи, структури сталей слід малювати схематично з відображенням кількісного співвідношення структурних складових і приблизного розміру зерен.

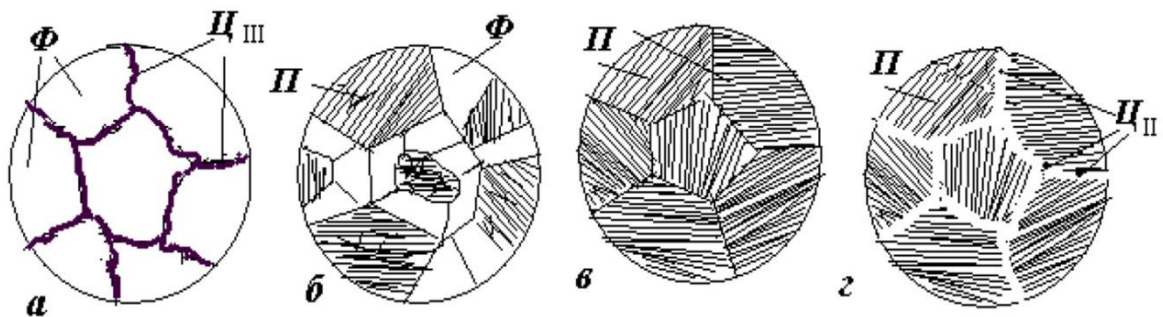
Перлітні зерна потрібно штрихувати в різні боки навіть в межах одного зерна.

Зразки схематичного зображення структур сталей показано на рис. 3.

Структура технічного заліза складається зі світлих зерен фериту з добре помітними темними границями (рис. 3, а), на яких виділяється третинний цементит.

Для того, щоб відрізнити ферит від цементиту, шліфи протравлюють реактивом – пікратом натрію, який забарвлює цементит в темний колір і не діє на ферит.

Структура доевтектоїдних сталей складається з фериту та перліту (рис. 3, б), евтектоїдних – з перліту (рис. 3, в), заевтектоїдних – з перліту і вторинного цементиту ( $C_{II}$ ), який при повільному охолодженні виділяється по границях зерен перліту і спостерігається під мікроскопом у вигляді сітки білого кольору при травленні шліфа розчином азотної кислоти (рис. 3, г).



а – технічне залізо; б – доевтектоїдна сталь;

в – евтектоїдна сталь; г – заевтектоїдна сталь

Рисунок 3 – Схеми структур залізовуглецевих сплавів

За структурою **доевтектоїдної сталі**, що знаходиться в рівноважному стані, можна приблизно визначити вміст вуглецю, і, таким чином, марку сталі. Для цього на мікроструктурі, що вивчається під мікроскопом, орієнтовно визначають площі, які займаються перлітом і феритом.

Згідно з діаграмою  $Fe - Fe_3C$ , вміст вуглецю у фериті при кімнатній температурі складає 0,006 % C, а вміст вуглецю у перліті – 0,8 %. Кількістю вуглецю, що вноситься до сталі феритом, можна знехтувати, тобто прийняти рівним нулю. Тоді вміст вуглецю в сталі буде дорівнювати вуглецю, що вноситься в сталь перлітом.

Приклад 1: при мікроструктурному аналізі визначили, що площа, яку займає ферит, складає 30 %, а перліт – 70 % всієї площі. Тоді кількість вуглецю, що вноситься перлітом, визначається за пропорцією:

$$\begin{aligned} 100 \% \text{ перліту} &- 0,8 \% \text{ C,} \\ 70 \% \text{ перліту} &- x \%. \end{aligned}$$

Звідки:

$$x = \frac{70 \cdot 0,8}{100} = 0,56 \%.$$

Результат розрахунку – це приблизний вміст вуглецю, який має вуглецева сталь марки 55 (ДСТУ 7809:2015).

Приклад 2: у досліджуваній доевтектоїдній сталі в полі зору спостерігаємо 40 % фериту і 60 % перліту. Тоді кількість вуглецю, що вноситься перлітом, визначається за пропорцією:

$$\begin{aligned} 100 \% \text{ перліту} &- 0,8 \% \text{ C,} \\ 60 \% \text{ перліту} &- x \%. \end{aligned}$$

Звідки:

$$x = \frac{60 \cdot 0,8}{100} = 0,48 \%.$$

Це відповідає марці якісної конструкційної сталі 50 (ДСТУ 7809:2015).

Визначати марку **заевтектоїдної сталі** за такою методикою не варто, оскільки навіть приблизно визначити площу, яку займає цементитна сітка, практично неможливо.

В Україні застосовують букво-цифрову систему позначення марок сталей, розроблену за ДСТУ EN 10020:2007 [6].

Марки і механічні властивості вуглецевих сталей стандартизовані таким чином:

ДСТУ 2651:2005 (ГОСТ 380-2005) – сталь вуглецева звичайної якості (цифра в позначенні сталей – умовний порядковий номер) [7];

ДСТУ 7809:2015 – сталь вуглецева якісна конструкційна (цифри в позначенні стали – вміст вуглецю в сотих частках відсотка) [8];

ДСТУ 3833-98 (ГОСТ 1435-99) – сталь вуглецева інструментальна (цифри в позначенні стали – вміст вуглецю в десятих частках відсотка) [9].

Основні властивості вуглецевих сталей визначаються змістом вуглецю.

Із збільшенням вмісту вуглецю в сталі змінюється їхня структура і фазовий склад: зменшується частка м'якого фериту, збільшується кількість твердого цементиту і відповідно до цього зростають твердість ( $HB$ ), межа міцності ( $\sigma_B$ ), зменшуються пластичність ( $\delta$ ) і ударна в'язкість ( $KC$ ) (рис. 4) [10].

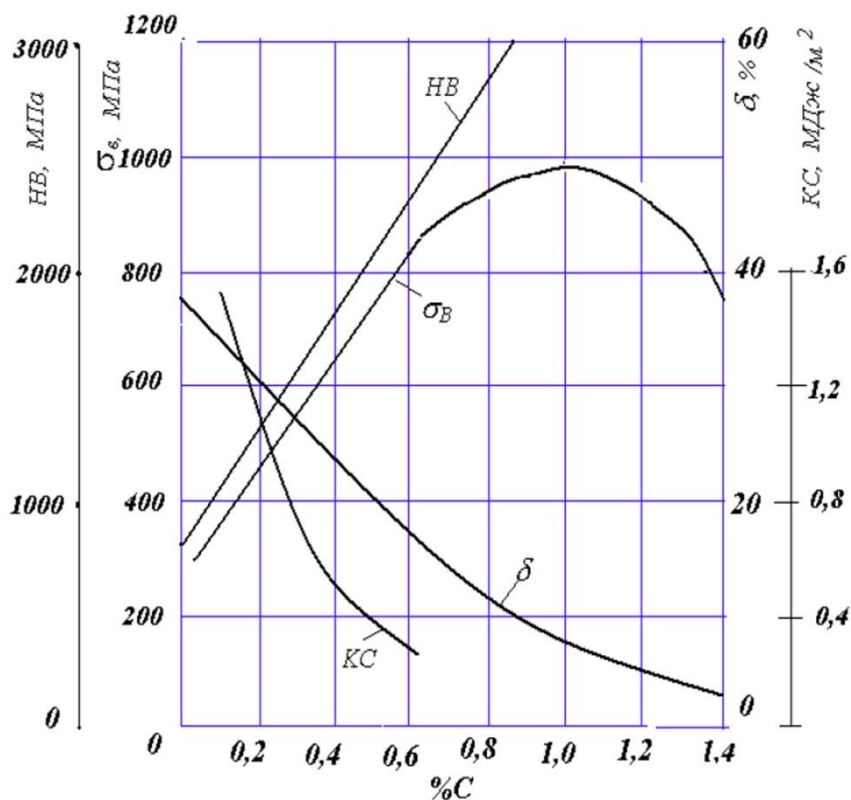


Рисунок 4 – Вплив вмісту вуглецю на механічні властивості сталі

Одним з найважливіших механічних властивостей металів є твердість. **Твердість** – це здатність матеріалу чинити опір проникненню в нього іншого,

більш твердого тіла [11]. За величиною твердості металів можна судити про їх міцнісні властивості, не роблячи статичних випробувань на розтяг.

#### **4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ**

1. Інформаційною базою є рекомендована література [1]-[12], перелік якої надано в параграфі «Список рекомендованої літератури».

2. Розглянути фотографії мікроструктур і визначити структурні складові сталей, а також дефекти, що виявляються мікроструктурним аналізом [1]-[3].

3. Зарисувати схеми мікроструктур.

4. Вказати клас сталі (доевтектоїдна, евтектоїдна чи заевтектоїдна).

5. Визначити вміст вуглецю і вказати марку доевтектоїдної сталі за результатами дослідження її мікроструктури.

6. Ознайомитись з маркуванням, властивостями і використанням сталей за стандартами [4]-[12].

7. Скласти звіт про роботу, до якого включити:

- ділянку діаграми стану «залізо – карбід заліза» для сталей;
- графік залежності механічних властивостей сталі від вмісту вуглецю;
- механічні властивості розглянутих марок сталей і область їх використання;

- висновки.

8. Захистити практичну роботу у вигляді відповідей на питання та отримати оцінку.

#### **5 СКЛАДАННЯ ЗВІТУ**

Складання й оформлення звіту є підсумковим етапом виконання практичної роботи. Титульний аркуш звіту містить інформацію про назву практичної роботи, дисципліни, прізвища і ініціали студента і викладача, назву організації, місто і термін виконання роботи (дод. А). Звіт рекомендовано виконувати в наступній послідовності:

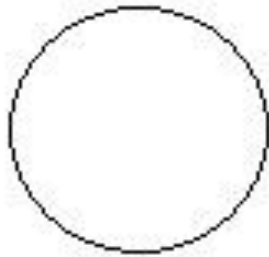
1. Дати визначення мікроаналізу. Описати, що можна визначити при мікроаналізі шліфів сталей.

2. Нарисувати ділянку діаграми стану «залізо – карбід заліза» для сталей.

3. Описати структуру доєвтектоїдної сталі.

Доєвтектоїдна сталь \_\_\_\_\_

(марка за ДСТУ \_\_\_\_)



№ п/п	Характеристика структурних складових
1	
2	

Приблизний вміст вуглецю в сталі \_\_\_\_\_

Число фаз в сталі і їх найменування \_\_\_\_\_

Згідно з ДСТУ \_\_\_\_\_

хімічний склад сталі (%) \_\_\_\_\_

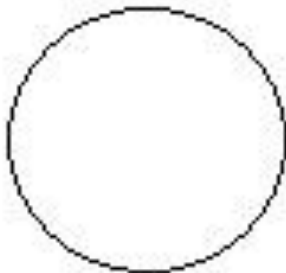
механічні властивості сталі \_\_\_\_\_

використання сталі \_\_\_\_\_

4. Описати структуру заєвтектоїдної сталі.

Заєвтектоїдна сталь \_\_\_\_\_

(марка за ДСТУ \_\_\_\_)



№ п/п	Характеристика структурних складових
1	
2	

Приблизний вміст вуглецю в сталі \_\_\_\_\_

Число фаз в сталі і їх найменування \_\_\_\_\_

Згідно з ДСТУ \_\_\_\_\_

хімічний склад сталі (%) \_\_\_\_\_

механічні властивості сталі \_\_\_\_\_

використання сталі \_\_\_\_\_

5. Нарисувати графік залежності механічних властивостей сталі від вмісту вуглецю.

6. Зробити висновок про вплив вуглецю на співвідношення структурних складових сталей і механічні властивості вуглецевих сталей.

## 6 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які сплави називають сталями?
2. Які сталі називають вуглецевими?
3. Що називають «технічним залізом»?
4. Як і з якою метою проводять аналіз мікроструктури металів.
5. Назвіть основні структурні складові вуглецевих сталей.
6. Який вміст вуглецю у фериті?
7. Який вміст вуглецю в перліті?
8. Як досягається рівноважний стан сталі?
9. Які сталі називаються доевтектоїдними, евтектоїдними, заевтектоїдними?
10. Яка структура доевтектоїдних сталей при їх рівноважному стані?
11. Яка структура евтектоїдних сталей при їх рівноважному стані?
12. Яка структура заевтектоїдних сталей при їх рівноважному стані?
13. Як можна визначити марку сталі за її структурою?
14. Як маркуються вуглецеві сталі?

15. Який вплив вмісту вуглецю і цементиту на механічні властивості сталей (твердість, міцність, ударну в'язкість)?

## **7 КРИТЕРІЇ ТА ПРОЦЕДУРИ ОЦІНЮВАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ**

Оцінюванню підлягають реальні результати навчання студента, що відображають досягнутий ним рівень компетентності відносно очікуваних.

Критерій оцінювання навчальних досягнень реалізується в нормах оцінок, які встановлюють співвідношення між вимогами Національної рамки кваліфікацій (НРК) та досягнутого рівня студента.

Загальними критеріями досягнення результатів навчання для 6-го кваліфікаційного рівня за НРК є поглиблені когнітивні та практичні уміння/навички, майстерність та інноваційність на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем у сфері професійної діяльності або навчання [15].

Оцінювання результатів навчання студента здійснюється за 100-бальною шкалою (дод. Б).

Для оцінювання виконання практичних занять за темою «Мікроструктурний аналіз і властивості вуглецевих сталей» під час поточного контролю в якості критерію використовується коефіцієнт засвоєння, що автоматично адаптує показник оцінки до рейтингової шкали:

$$O_i = 100 a/m,$$

де  $a$  – число правильних відповідей;

$m$  – загальна кількість запитань.

Здобувач вищої освіти отримує 5 питань з переліку контрольних питань.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Положення про організацію освітнього процесу Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» (з доповненнями) / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро : НТУ «ДП», 2019. 53 с. URL: [https://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us\\_documents/Pologenie\\_pro\\_organiz\\_o\\_svit\\_process\\_2019.pdf](https://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/Pologenie_pro_organiz_o_svit_process_2019.pdf). (дата звернення: 01.06.2022).
2. Салов В. О., Письменкова Т. О., Парфенова Н. В. Методичні рекомендації для викладачів. Карта інформаційно-методичного забезпечення освітнього процесу : метод. рекоменд. для викладачів. Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро : НТУ «ДП», 2022. 16 с.
3. ДСТУ 8972:2019. Сталі та сплави. Методи виявлення та визначення величини зерна. Чинний від 2021-01-01. Київ : УкрНДНЦ, 2021. 30 с.
4. ДСТУ 8966:2019. Сталь. Металографічні методи визначення неметалевих включень. Чинний від 2020-07-01. Київ : (ДП «УкрНДНЦ» <http://uas.org.ua>), 2006. 24 с.
5. ДСТУ 8974:2019. Сталь. Металографічний метод оцінювання мікроструктури листів та стрічки. Чинний від 2021-01-01. Київ : УкрНДНЦ, 2021. 17 с.
6. ДСТУ EN 10020:2007. Сталі. Визначення й класифікація (EN 10020:2000, IDT). Чинний від 2009-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 9 с.
7. ДСТУ 2651:2005 (ГОСТ 380-2005). Сталь вуглецева звичайної якості. Марки. Чинний від 2006-09-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 24 с.
8. ДСТУ 7809:2015. Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови. Чинний від 2016-04-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 25 с.

9. ДСТУ 3833-98 (ГОСТ 1435-99). Прутки, штаби та мотки з інструментальної нелегованої сталі. Загальні технічні умови. Чинний від 2001 - 01-01. Київ : ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2000. 58 с.

10. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство : підручник. Київ : 2012, 548 с.

11. Боброва Т. Б., Високос С. М., Глушко Ю. Ю. та ін. Основи матеріалознавства : навч. посіб. Київ : 2019. 104 с.

12. Власенко А. М. Вступ до матеріалознавства : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2017. 74 с.

13. Косенко В. А., Кущевська Н. Ф., Кадомський С. В. та ін. Матеріалознавство та матеріали у харчовій промисловості : підручник. Київ : Університет «Україна», 2017. 298 с.

14. Прокопович І. В. Металознавство : навч. посіб. Одеса : Екологія, 2020. 308 с.

15. Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» (із змінами та доповненнями від 18.09.2018, 11.12.2018 та 08.12.2021 затвердженими Вченою радою університету) / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро : НТУ «ДП», 2021. 31с. URL: [https://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us\\_documents/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%20%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%96%D0%B2%20%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf](https://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%20%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%96%D0%B2%20%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf). (дата звернення 25.05.2022 р.).

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 8972:2019. Сталі та сплави. Методи виявлення та визначення величини зерна. Чинний від 2021-01-01. Київ : УкрНДНЦ, 2021. 30 с.
2. ДСТУ 8966:2019. Сталь. Металографічні методи визначення неметалевих включень. Чинний від 2020-07-01. Київ : (ДП «УкрНДНЦ» <http://uas.org.ua>), 2006. 24 с.
3. ДСТУ 8974:2019. Сталь. Металографічний метод оцінювання мікроструктури листів та стрічки. Чинний від 2021-01-01. Київ : УкрНДНЦ, 2021. 17 с.
4. ДСТУ EN 10020:2007. Сталі. Визначення й класифікація (EN 10020:2000, IDT). Чинний від 2009-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 9 с.
5. ДСТУ 2651:2005 (ГОСТ 380-2005). Сталь вуглецева звичайної якості. Марки. Чинний від 2006-09-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 24 с.
6. ДСТУ 7809:2015. Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови. Чинний від 2016-04-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 25 с.
7. ДСТУ 3833-98 (ГОСТ 1435-99). Прутки, штаби та мотки з інструментальної нелегованої сталі. Загальні технічні умови. Чинний від 2001 - 01-01. Київ : ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2000. 58 с.
8. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство : підручник. Київ : 2012, 548 с.
9. Боброва Т. Б., Високос С. М., Глушко Ю. Ю. та ін. Основи матеріалознавства : навч. посіб. Київ : 2019. 104 с.
10. Власенко А. М. Вступ до матеріалознавства : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2017. 74 с.
11. Косенко В. А., Кущевська Н. Ф., Кадомський С. В. та ін. Матеріалознавство та матеріали у харчовій промисловості : підручник. Київ : Університет «Україна», 2017. 298 с.
12. Прокопович І. В. Металознавство : навч. посіб. Одеса : Екологія, 2020. 308 с.

**ДОДАТОК А**  
**(довідковий)**

**Приклад оформлення титульного аркушу практичної роботи**

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний технічний університет**  
**«Дніпровська політехніка»**

Механіко-машинобудівний факультет  
Кафедра автомобілів та автомобільного господарства

**ЗВІТ**  
**з практичної роботи**  
**«Мікроструктурний аналіз і властивості вуглецевих сталей»**  
**з дисципліни «Конструкційні та експлуатаційні матеріали**  
**в автомобільній галузі»**

Виконав: \_\_\_\_\_

студент групи (шифр), П.І.Б.

Перевірив: \_\_\_\_\_

к.т.н., доцент, П.І.Б.

Дніпро

2022

## ДОДАТОК Б

**Оцінювання результатів виконання практичної роботи  
за 100-бальною шкалою**

Таблиця Б.1 – Загальні критерії досягнення результатів навчання для 6-го кваліфікаційного рівня за НРК

<b>Опис кваліфікаційного рівня</b>	<b>Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії</b>	<b>Показник оцінки</b>
<i><b>Уміння/навички</b></i>		
♦ поглиблені когнітивні та практичні уміння/навички, майстерність та інноваційність на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем у сфері професійної діяльності або навчання	Відповідь характеризує уміння: - виявляти проблеми; - формулювати гіпотези; - розв'язувати проблеми; - обирати адекватні методи та інструментальні засоби; - збирати та логічно й зрозуміло інтерпретувати інформацію; - використовувати інноваційні підходи до розв'язання завдання	95-100
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності з негрубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння/навички	80-84

Кінець таблиці Б.1

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
<i>Уміння/навички</i>		
	застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	рівень умінь/навичок незадовільний	<60

**Олішевська Валентина Євгенівна**

**Бас Костянтин Маркович**

**Кривда Віталій Валерійович**

**КОНСТРУКЦІЙНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ  
В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ**

**Методичні рекомендації**

**до практичних занять за темою**

**Мікроструктурний аналіз і властивості вуглецевих сталей**

для студентів

спеціальності 274 Автомобільний транспорт

Видано в редакції авторів

Підготовлено до друку та видруковано  
у Національному технічному університеті  
«Дніпровська політехніка».

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06.2004.

49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.