

Кіровоградська
Кіровоградська

М.З.Н.

ПОКРАЩЕННЯ КОРОЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛЕЙ ЗАВДЯКИ СТВОРЕННЮ ЗАХИСНИХ ОКСИДНИХ ПЛІВОК ПІД ДІЄЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

ТУРТУРІКА МАКСИМ ІГОРОВИЧ,
учень 11 класу
Центральноукраїнського наукового ліцею
Кіровоградської обласної ради

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

Корозія сталі є серйозною проблемою в багатьох галузях промисловості, включаючи будівництво, машинобудування та нафтогазову індустрію. Вона спричиняє значні економічні втрати, оскільки призводить до зниження міцності та довговічності сталевих конструкцій. Тому пошук ефективних методів боротьби з корозією є актуальною задачею для багатьох дослідників та інженерів.



Рис. 1 Корозія зубчастої передачі (джерело по QR-коду)



Рис. 2 Лазерна обробка матеріалу [https://www.metallurgyfordummies]

Один із перспективних методів боротьби з корозією полягає у створенні захисних оксидних плівок на поверхні сталі. Ці плівки утворюють бар'єр, який запобігає доступу агресивних середовищ до металу, тим самим знижуючи швидкість корозії. ОСНОВНОЮ МЕТОЮ дослідження є дослідження процесу створення захисних оксидних плівок на поверхні заліза під впливом лазерного випромінювання.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Лазерним випромінюванням називають особливий тип електромагнітного випромінювання, що ґрунтується на генерації інтенсивного, когерентного та монохроматичного електромагнітного випромінювання внаслідок стимульованого випромінювання, що відбувається в активному середовищі лазера під дією зовнішнього збудження.

ПРИНЦИП РОБОТИ ЛАЗЕРНОГО ДІОДУ МОЖНА ОХАРАКТЕРИЗУВАТИ ЯК «ВИМУШЕНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ»

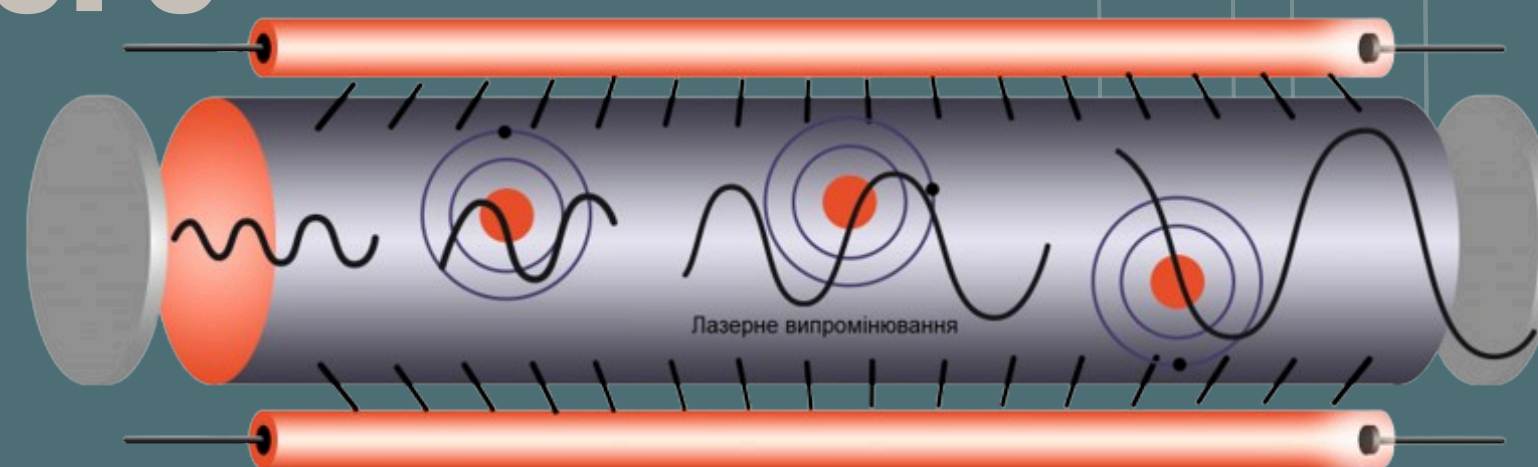


Рис. 4 Схема роботи лазера [<https://seltokphotonics>]

Stimulated emission

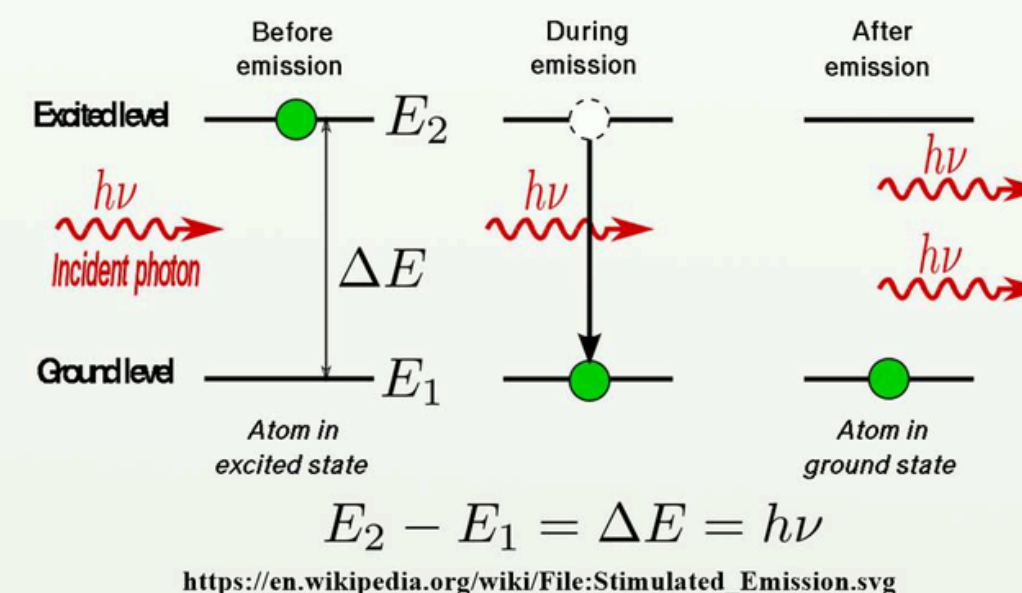


Рис. 3 Явище "Вимушеного випромінювання" [<https://www.youtube>]

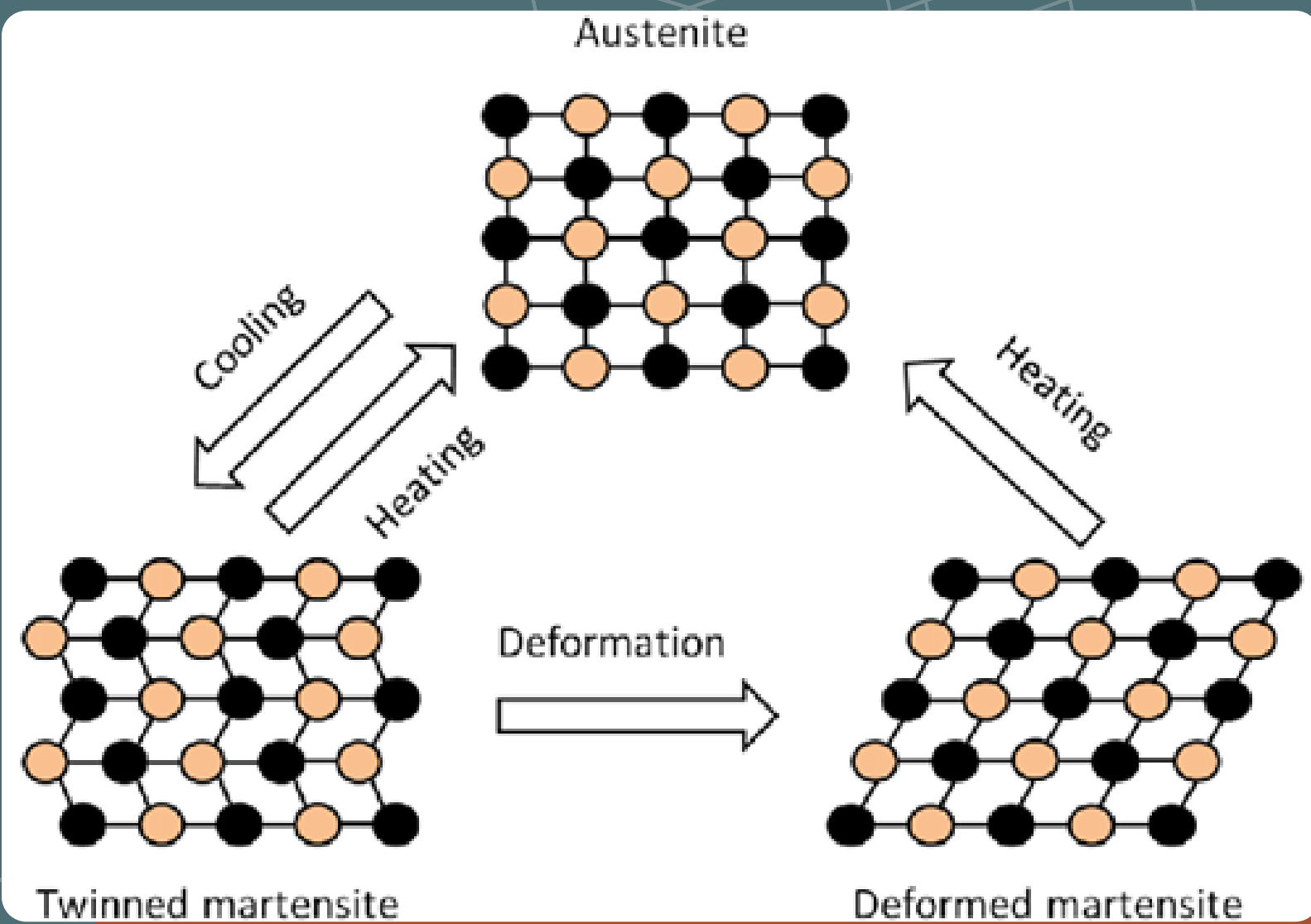


Рис. 5 Схема циклу перетворення в структурі металів [https://link.springer]

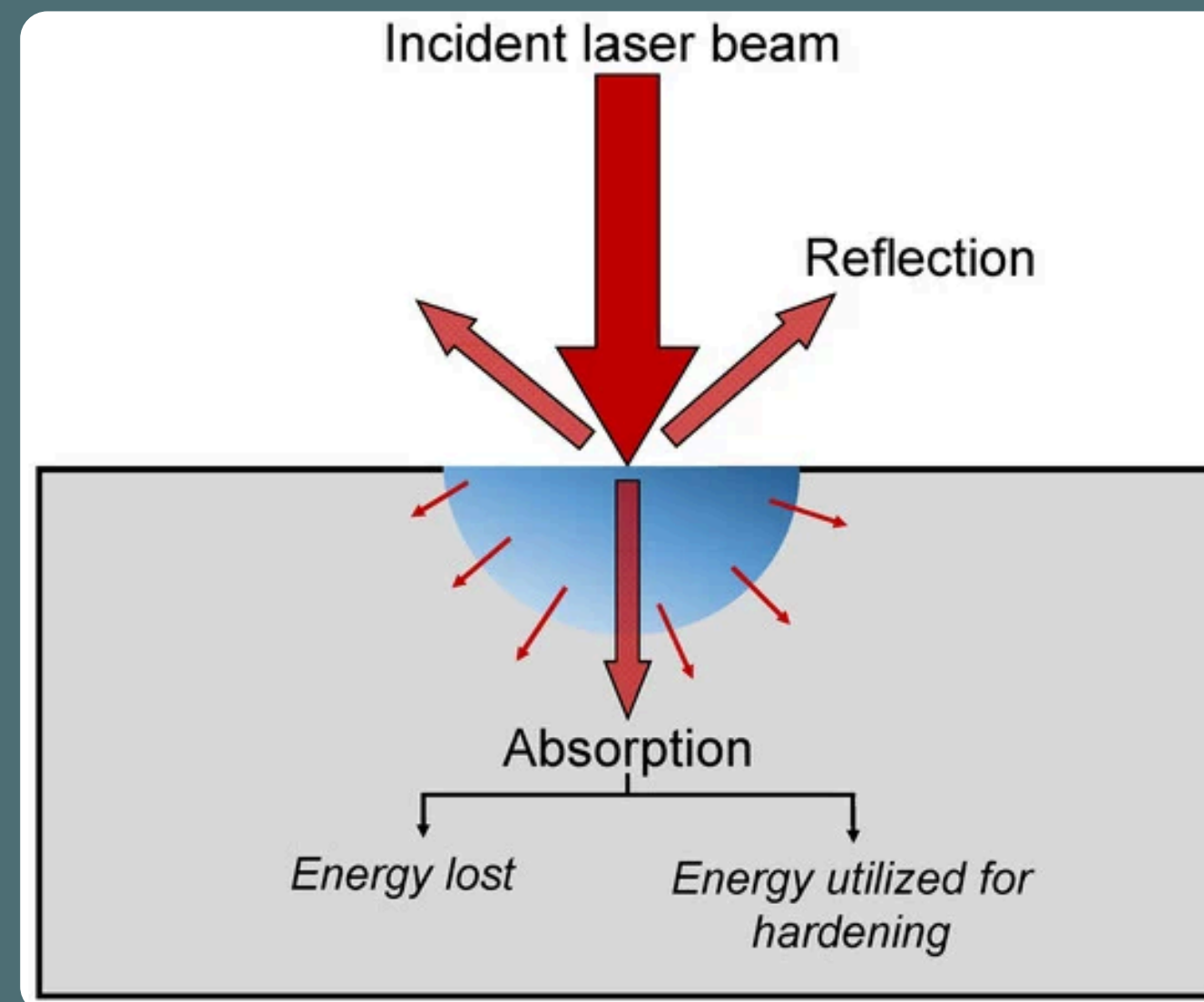


Рис. 6 Поглинання лазерного випромінювання - при взаємодії з матеріалом [https://www.mdpi]

Коли інтенсивне лазерне випромінювання взаємодіє з металевими матеріалами, у зоні контакту виникає комплекс нерівноважних процесів, які можуть істотно змінювати структуру, фазовий склад і механічні характеристики матеріалу. Одним із ключових ефектів лазерного впливу є фазові перетворення в структурі заліза.

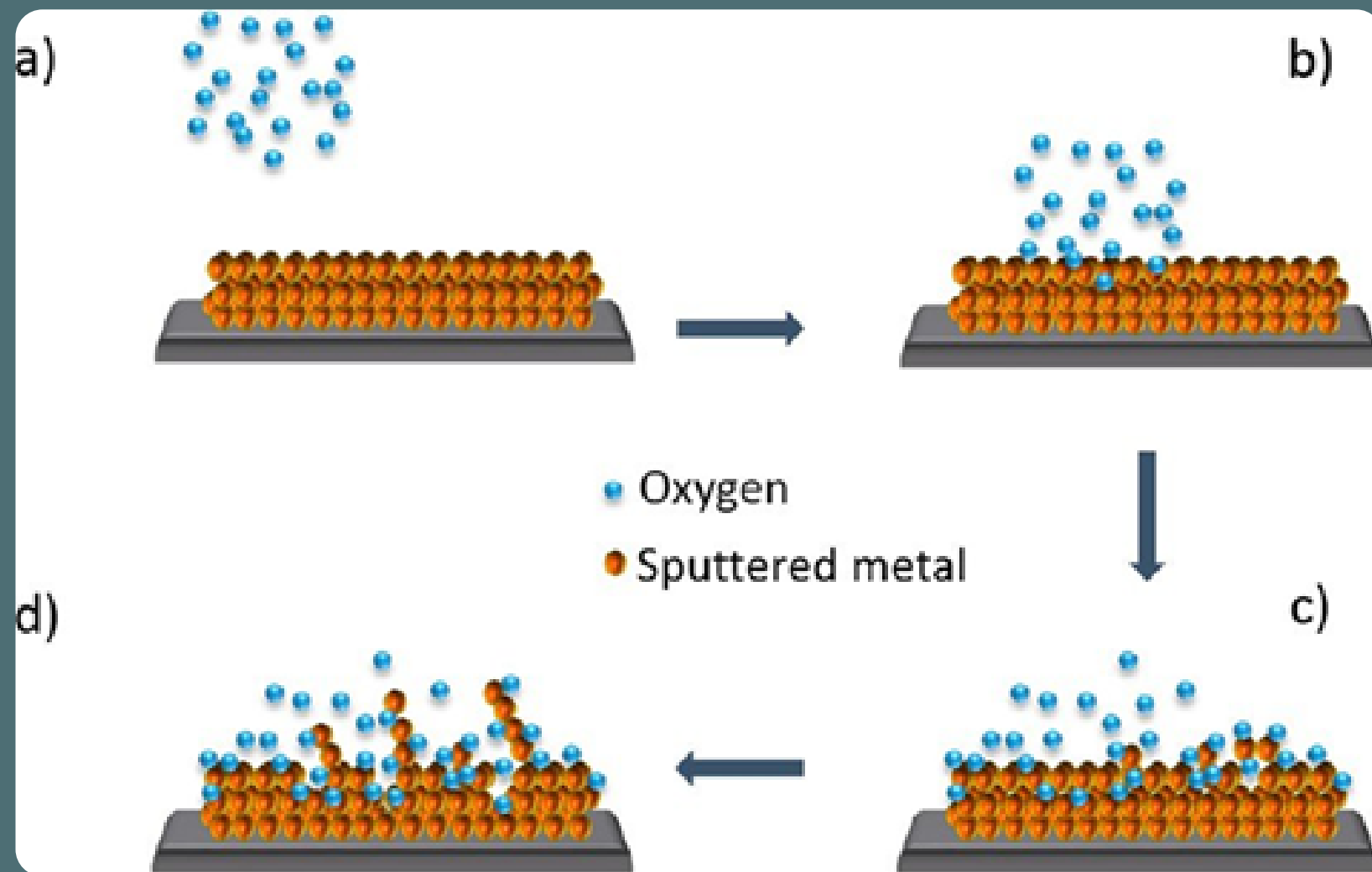


Рис 7. Схема механізму утворення оксидних плівок на поверхні металу внаслідок високотемпературної реакції з киснем [https://link.springer]

Лазер здатний локально нагрівати поверхню металу до високих температур, що сприяє швидкому утворенню оксидних плівок. Перевага лазерного випромінювання полягає в його точності та можливості контролювати процес з великою деталізацією. Це дозволяє створювати оксидні шари з заданими характеристиками, такими як товщина, склад і структура.

Лазерне випромінювання також може бути використане для обробки матеріалів у вузьких або важкодоступних місцях.

Глибина проникнення лазерного опромінення в метал і, відповідно, товщина створюваної оксидної плівки можуть бути регульовані залежно від довжини хвилі лазерного випромінювання та структури енергетичних рівнів металу. Вибір відповідної довжини хвилі з урахуванням енергетичних рівнів дозволяє мінімізувати поглинання лазерного випромінювання металом, що дозволяє лазерному променю глибше проникати в його структуру.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ



Методика проведення експерименту передбачає послідовну підготовку, лазерну обробку за різних режимів та ретельний аналіз змін корозійних властивостей матеріалу. Це дозволяє визначити механізми впливу лазерного випромінювання на залізо та оптимізувати параметри обробки для конкретних застосувань.

РЕЖИМИ ОПРОМІНЕННЯ ЛАЗЕРА

- Низькоенергетична обробка – для легкого зміцнення та модифікації структури без розплавлення;
- Високоенергетична обробка – для створення глибших змін, включно з фазовими перетвореннями;
- Імпульсне опромінення – для дослідження швидкісних змін у кристалічній структурі заліза.



Після обробки зразки піддаються аналізу.

**ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ РОЗПОЧАЛОСЯ З ПІДГОТОВКИ ЧОТИРЬОХ
ГРУП ЗРАЗКІВ ЛЕЗ КАНЦЕЛЯРСЬКОГО НОЖА,
ЯКІ СЛУЖИЛИ МОДЕЛЬНИМИ ЗРАЗКАМИ ЗАЛІЗА:**

"А" – піддавалась низькоенергетичному ($250 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/см}^2$)

"Б" – високоенергетичному (25 Вт/см^2)

"В" – імпульсивному (5 Вт/см^2)

"Г" – контрольна група, що не піддавалась обробці

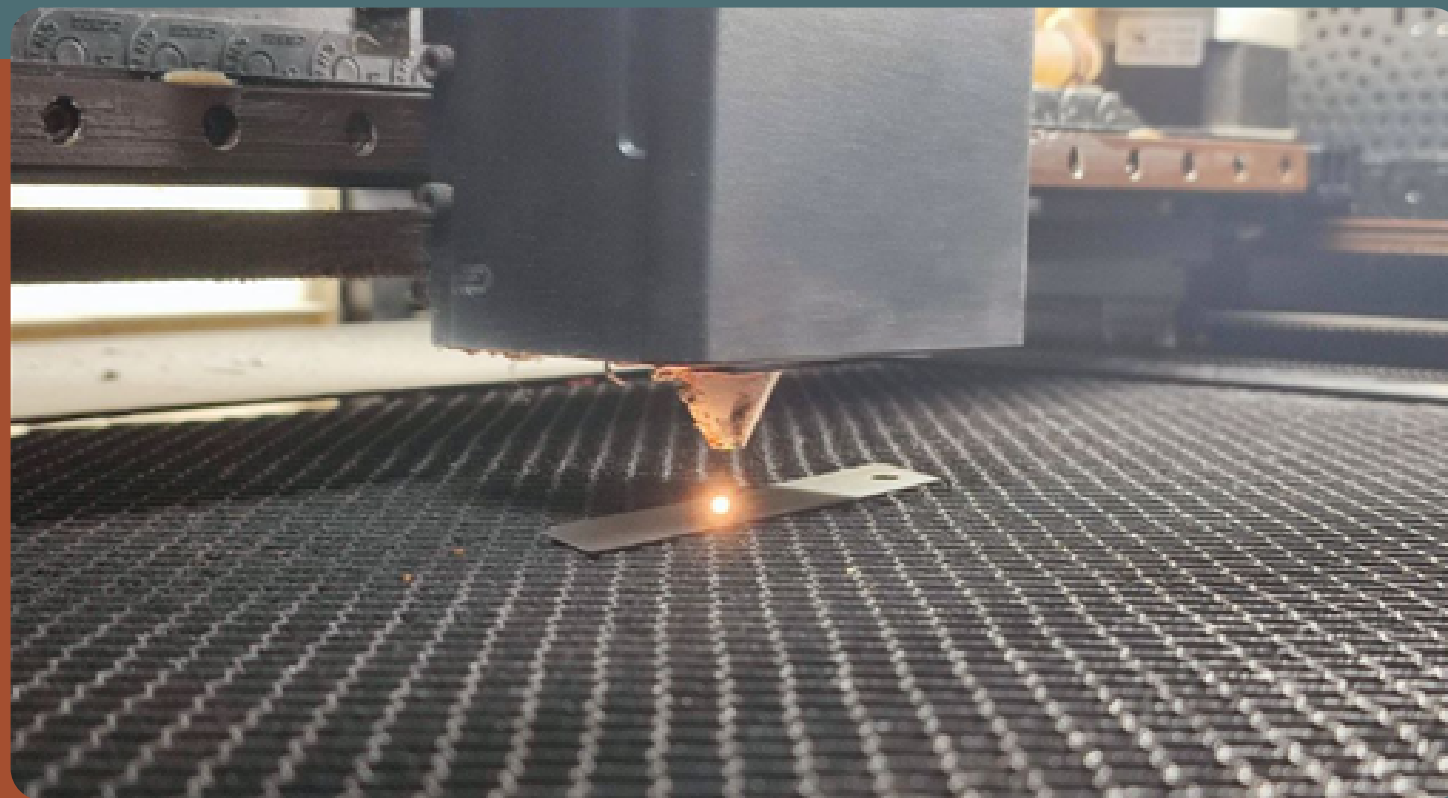


Рис. 8 Обробка поверхні заліза лазерним випромінюванням (фото автора)



Рис. 9 Обробка зразку №1 лазерним випромінюванням (фото Денисов Д.О.)

ВИГЛЯД ЗРАЗКІВ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ПОВЕРХНІ ЗАЛІЗА ПІД ДІЄЮ НЕРІВНОВАЖНИХ ПРОЦЕСІВ

Через три доби спостерігалися помітні відмінності в корозійному стані зразків різних груп. Поверхні зразків першої групи мали незначні сліди корозії, тоді як друга група показала мінімальні корозійні ураження, що свідчило про підвищену стійкість. Третя група продемонструвала змішані результати: деякі зразки мали помітну корозію, інші залишалися майже незмінними. Контрольна четверта група мала найбільші корозійні пошкодження. Усі результати представлені на рисунках

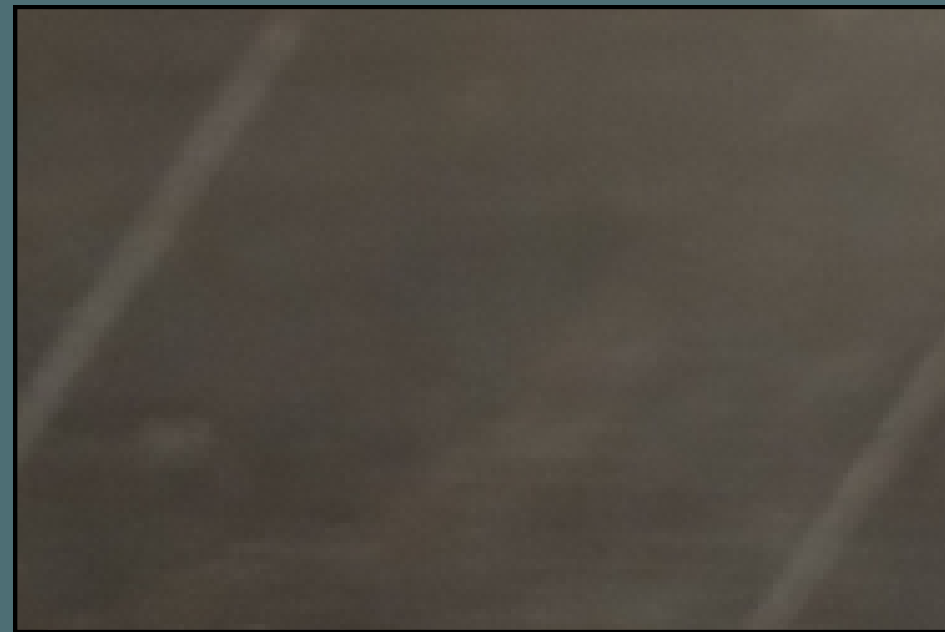


Рис. 7 Низькоенергетичне (фото автора)

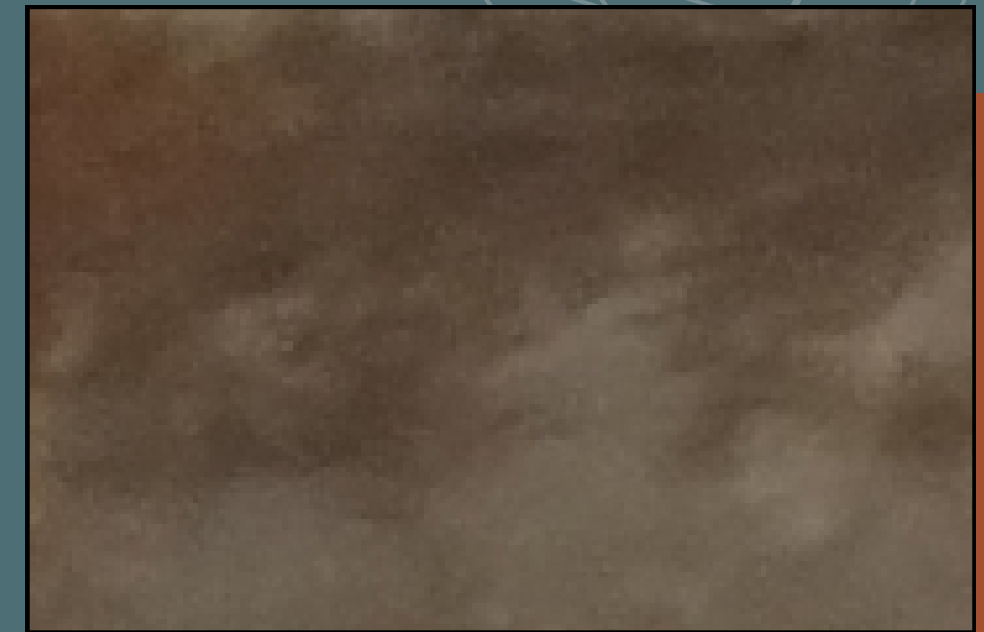


Рис. 8 Контрольна група (фото автора)

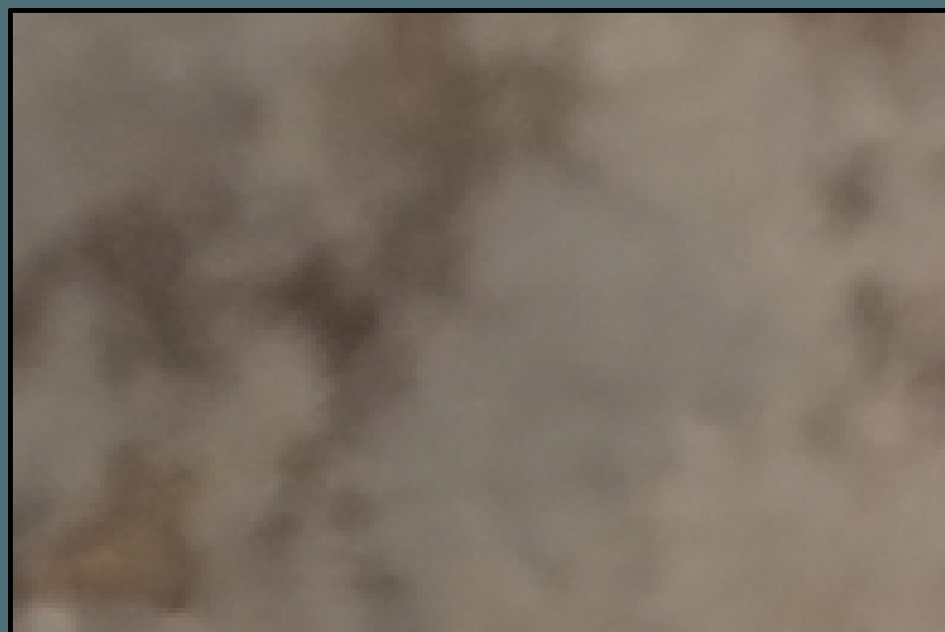


Рис. 9 Імпульсивне (фото автора)

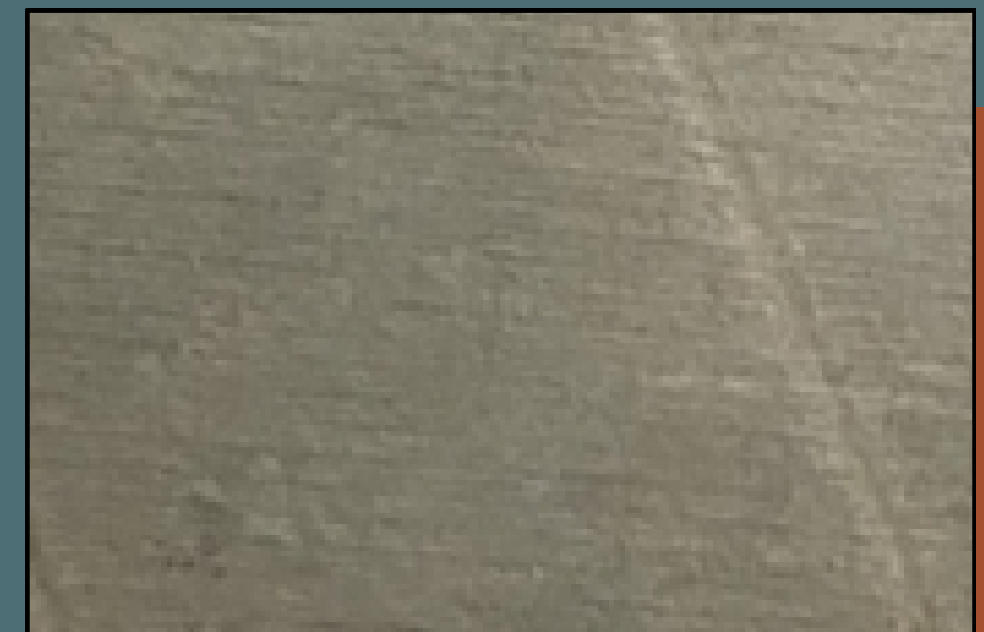


Рис. 10 Високоенергетичне (фото автора)

Ці спостереження відкривають перспективи для подальшого вивчення впливу лазерних параметрів на захисні властивості металів. Додаткові дослідження можуть включати аналіз хімічного складу поверхневих шарів, вивчення параметрів опромінення та їх оптимізацію для досягнення максимальної корозійної стійкості.



Рис. 11 New River Gorge Bridge (США) – найдовший арочний міст у США



Рис. 12 Сільськогосподарський плуг із слідами корозії

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДАЧІ ЕНЕРГІЇ ВІД ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДО ЗРАЗКА ЗАЛІЗА ПРОДЕМОНСТРУВАЛО, ЩО ЦЕЙ МЕТОД ЗДАТЕН ВИКЛИКАТИ РІЗНІ НЕРІВНОВАЖНІ СТАНИ НА ПОВЕРХНІ ЗАЛІЗА ТА УТВОРЮВАТИ ОКСИДНІ ПЛІВКИ З ВАРІАТИВНОЮ ТОВЩИНОЮ.
2. ТОВЩИНА ПОВЕРХНЕВОГО НЕРІВНОВАЖНОГО СТАНУ ВИЗНАЧАЄ ТОВЩИНУ ОКСИДНОГО ШАРУ. ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ЦІЄЇ ТОВЩИНИ ПОТРІБНО ЗБІЛЬШИТИ ГЛИБИНУ ПРОНИКНЕННЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В МАТЕРІАЛ.
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РІВНІВ ЗАЛІЗА ВІДКРИВАЄ МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ, ЩО ДОЗВОЛИТЬ ДОСЯГТИ ОПТИМАЛЬНІ ТОВЩИНИ ОКСИДНОЇ ПЛІВКИ НА ПОВЕРХНІ ЗАЛІЗА ПРИ ЗАДАНІЙ ПОТУЖНОСТІ ВИПРОМІНЮВАННЯ.
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ ПРОДЕМОНСТРУВАЛИ ЗМІНИ КОРОЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗА ПІД ЧАС ОБРОБКИ ЙОГО ПОВЕРХНІ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ У РІЗНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕЖИМАХ. АНТИКОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ПОКРАЩУЄТЬСЯ ПРОПОРЦІЙНО ДО ІНТЕНСИВНОСТІ ОПРОМІНЕННЯ.

Кіровоградська
Кіровоградська

М.З.Н.

ПОКРАЩЕННЯ КОРОЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛЕЙ ЗАВДЯКИ СТВОРЕННЮ ЗАХИСНИХ ОКСИДНИХ ПЛІВОК ПІД ДІЄЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

ТУРТУРІКА МАКСИМ ІГОРОВИЧ,
учень 11 класу
Центральноукраїнського наукового ліцею
Кіровоградської обласної ради