

ВІДГУК

офіційного опонента професора **Дурягіної Зої Антонівни**
на дисертаційну роботу **Максимів Ольги Володимирівни**
«Закономірності формування на сталях наноструктурованих механо-
імпульсною обробкою поверхневих шарів, опірних механічному та
корозійно-водневому руйнуванню»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.02.01 – «Матеріалознавство»

За результатами вивчення дисертаційної роботи О. В. Максимів, яка є науковою роботою, що подана у вигляді рукопису і складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків, що містять акти використання результатів роботи, розгляду автореферату та ознайомлення з опублікованими роботами здобувачки за темою дисертації, слід відзначити наступне.

Актуальність теми дисертації та зв'язок з науково-технічними програмами. Одним з основних та актуальних завдань розвитку сучасного матеріалознавства є підвищення якості матеріалів, надійності і довговічності деталей машин і механізмів. Як відомо такі вироби експлуатуються у складних умовах та часто виходять з ладу внаслідок поверхневого руйнування. Корегування фізико-механічних властивостей конструкційних матеріалів методами інженерії поверхні буде сприяти підвищенню довговічності металовиробів. Одним із методів регулювання мікроструктури, а отже і властивостей поверхневих шарів матеріалів є диспергування окремих фаз або структурних складових. Для цього часто застосовують методи інтенсивної пластичної деформації, зокрема, механоімпульсну обробку. За рахунок використання високошвидкісного тертя ця обробка поєднує інтенсивну пластичну деформацію поверхневого шару, термічне оброблення та насичення компонентами технологічного охолоджувального середовища. Дисертація присвячена вивченню сумісної дії механічного навантаження та корозивно-наводнювальних середовищ на експлуатаційні властивості конструкційних сталей з попередньо наноструктурованим поверхневим шаром. Саме закономірності формування на конструкційних сталях нанокристалічних поверхневих структур, що чинять опір механічному та корозивно-водневому руйнуванню, є актуальними завданнями матеріалознавства. Результати одержані в результаті виконання роботи можна використовувати у машинобудуванні, вуглевидобувній та нафтогазовидобувній галузях, для підприємств харчової та переробної промисловості, а також для сільськогосподарських машин.

Дисертаційну роботу виконано відповідно до науково-дослідних програм і тематичних планів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України. Автор була виконавицею держбюджетних науково-дослідних робіт: «Закономірності впливу експлуатаційних та

корозійних чинників на деградацію структури і характеристики опору крихкому руйнуванню конструкційних сталей”; “Розроблення науково-методичних підходів до консервативного оцінювання корозійно-водневої деградації конструкційних сталей за їх характеристиками опору крихкому руйнуванню”; “Встановлення металознавчих, механічних та електрохімічних інформативних ознак діагностування корозійно-водневої деградації конструкційних сталей”, а також гранту НАН України для молодих вчених “Розроблення методу поверхневої наноструктуризації конструкційних сталей для підвищення опору руйнуванню у корозивно-наводнювальних середовищах”, що мають безпосереднє відношення до теми поданої дисертації.

Отже, дисертаційна робота є актуальною та відповідає сучасним науковим напрямкам, зокрема, визначеними державними науково-технічними програмами.

Загальна характеристика та зміст роботи. Мета роботи у формулюванні автора полягає у встановленні основних структурних параметрів формування НКС на вуглецевих та низьколегованих сталях поверхневою механоімпульсною обробкою, дослідженні їх впливу на трибологічні властивості, опір корозії та водневій крихкості, а також вивченні впливу обробки на роботоздатність сталей за цих умов. Для цього в роботі поставлені та вирішені наступні задачі:

- досліджено особливості формування поверхневих НКС після МІО на вуглецевих та низьколегованих сталях;
- встановлено залежності між параметрами НКС та фізико-механічними властивостями конструкційних сталей;
- досліджено водневу проникність НКС та їх опірність водневій крихкості;
- оцінено зносостійкість зміцнених МІО поверхневих шарів за умов оливного, оливно-абразивного зношування та дії наводнювального середовища;
- досліджено вплив будови поверхневого шару НКС на втому, корозійну втому та контактну довговічність сталей у корозивно-наводнювальних середовищах.

Виконана робота відповідає паспорту спеціальності 05.02.01 – «Матеріалознавство».

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, вказано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, визначено мету, об'єкт та предмет дослідження, перелічено задачі дослідження та методи дослідження, сформульовано наукову новизну одержаних результатів, практичне значення одержаних результатів, особистий внесок автора та наведено апробацію результатів дисертації та публікації.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану використання методів для поверхневої наноструктуризації сталей інтенсивною пластичною деформацією. Систематизовано основні закономірності поверхневої обробки різними методами, наведено їх переваги та недоліки. Особливу увагу приділено застосуванню механоімпульсної обробки для формування поверхневих НКС; проаналізовано технологічні основи та закономірності зміни структури та фізико-механічних властивостей поверхневих шарів сталей після обробки. Сформульовано мету та основні задачі дисертаційної роботи.

Другий розділ присвячено висвітленню методичних аспектів роботи. Описано використані методики досліджень, а також інструменти та режими механоімпульсної обробки. Об'єктами дослідження були вуглецеві та низьколеговані конструкційні сталі марок 35, 45, 40Х, 65Г. Втому та корозійну втому дослідили на сталях 50ХН та 60Х2М, які застосовують для виготовлення валків прокатних станів, а контактну втому – на сталях 20ХН3А та 55СМФА, які застосовують для виготовлення елементів бурових долот.

У третьому розділі вперше встановлено деякі параметри кристалітів (розмір та кут розорієнтування), сформованих під час поверхневої механоімпульсної обробки вуглецевих та низьколегованих сталей. Показано, що розмір кристалітів залежить від режимів обробки та виду технологічного середовища. Встановлено закономірності зміни розміру кристалітів у поверхневому шарі у наноструктурному діапазоні зі зростанням температури нагрівання: зменшення розміру кристалітів за підвищення температури до 300 °С та їх зростання за вищих температур.

У четвертому розділі встановлено вплив вмісту вуглецю в сталі, типу технологічного середовища, структурного стану сталі перед обробкою на мікротвердість поверхневого шару, сформованого механоімпульсною обробкою. Підтверджено вже відомі з літератури дані про бар'єрний ефект поверхні із нанокристалічною структурою на сталі 45, який гальмує проникнення водню вглиб матеріалу. Визначено оптимальний режим механоімпульсної обробки для забезпечення високої опірності досліджуваної сталі водневій крихкості. Показано можливість зниження негативного впливу інтенсивної пластичної деформації на корозійну тривкість оброблених вуглецевих сталей шляхом насиченням поверхневого шару нікелем, бором і азотом з технологічного середовища під час обробки.

У п'ятому розділі наведені результати досліджень експлуатаційних властивостей (зносоустійкості, втомної та корозійно-втомної витривалості, контактної довговічності) ряду сталей з поверхневим нанокристалічним шаром. Виявлено зниження коефіцієнт тертя поверхнево оброблених сталей в умовах як сухого, так і оливного зношування. Показано, що поверхневий шар, сформований механоімпульсною обробкою, володіє вищим опором зношуванню у корозивному середовищі, втомі та корозійній втомі,

контактній втомі у корозивному та корозивно-абразивному середовищах порівняно з необробленою сталлю.

У **висновках** сформульовано основні наукові результати дисертаційної роботи.

Наукова новизна та практична значимість отриманих в роботі результатів. Наукове значення дисертації полягає у встановленні раніше невідомих особливостей формування механоімпульсною обробкою нанокристалічних структур; вивченні їх властивостей у наводнювальних середовищах та дослідженні роботоздатності за умов зношування, корозійної та контактної втоми.

У рамках поставленого та вирішеного у дисертації завдання хочу відзначити ряд нових наукових та практичних результатів:

- вперше встановлено параметри кристалітів на поверхні вуглецевих та низьколегованих сталей залежно від режимів механоімпульсної обробки;
- вперше виявлено, що сформовані на поверхні сталей 40Х і 65Г кристаліти зберігають свої параметри до 500°C; показано динаміку зміни їх розмірів із зростанням температури;
- встановлено зниження коефіцієнту тертя сталі за умов зношування в оливному середовищі завдяки сформованій механоімпульсною обробкою структури.

Практична цінність отриманих у дисертації результатів полягає у створенні можливостей спрямованої зміни стану поверхні шляхом зміни режимів механоімпульсної обробки для забезпечення роботоздатності деталей машин та технологічного обладнання, що експлуатуються за умов дії наводнювальних середовищ та механічних навантажень. Це підтверджено актами у ПАТ «Кохавинська паперова фабрика» та МКП «Львівводоканал».

Ступінь обґрунтованості, достовірність наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації. Обґрунтованість наведених в дисертації наукових положень та висновків підтверджується чітким формулюванням завдання, опрацюванням недоліків та переваг існуючих методів ППД, комплексним характером експериментів, поєднанням матеріалознавчих досліджень з випробуваннями, що моделюють експлуатаційні умови роботи сталей у корозивно-наводнювальних середовищах. Достовірність результатів дослідження підтверджується їх відповідністю сучасним уявленням про структуру та властивості нанокристалічних матеріалів, узгодженістю в ряді випадків з результатами аналогічних досліджень та їх порівнянням з відомими результатами.

Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації й автореферату. Дисертація написана державною мовою, виклад матеріалу є логічним, послідовним від постановки задачі до висновків по роботі, стиль викладу грамотний, розділи взаємопов'язані та цілком розкривають поставлену мету.

Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.02.01 – «Матеріалознавство». Зміст автореферату відповідає змісту дисертації. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідають чинним вимогам.

Повнота викладення основних результатів дисертації. Обсяг публікацій за матеріалами дисертації достатній. Він складає 24 наукові праці. У тому числі 12 статей у виданнях, що внесені до наукометричних баз Scopus та WoS, 11 – у матеріалах та тезах доповідей конференцій, а також 1 патент України на корисну модель.

Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату:

1. Дослідження термічної стабільності наноструктури поверхневого шару сталей проведено лише до температури 500 °C (розділ 3, п.п. 3.3). Водночас, важливо було би провести дослідження за вищих температур.
2. Що стосується так званого «бар'єрного» ефекту поверхні після ПІД, то тут скоріше не встановлені, а підтверджені відомі з літератури дані.
3. Експеримент у роботі автор проводить на різних марках конструкційних сталей без обґрунтування чому саме. Адже і кількість вуглецю в сталях, і присутність в них різних легувальних елементів безперечно впливатиме на характер структуроутворення після МІО. Але про це ні слова.
4. У розділі 3 дослідження слід було б підкріпити результатами металографії.
5. Не обґрунтовано, з яких міркувань в розділі 4.1 розглядається можливість одержання на поверхні сталі 65Г наноструктур. Це типова пружинно-ресорна сталь, для якої після протяжки дроту та холодної навивки передбачається проведення повного гартування з наступним середньо температурним відпуском. За цих умов описаний процес МІО не має сенсу. В той самий час акти використання досліджень стосуються сталей марок 40Х та 45 після МІО.
6. У тексті дисертації зустрічаються стилістичні і термінологічні відхилення: «точність оцінки температури» (стор. 43, замість точність оцінювання температури), «оцінки десорбції водню» (стор. 105 замість «оцінювання десорбції водню»), «Вищою зносостійкістю володіє пара тертя» (стор. 117-118, замість «Вищу зносостійкість має пара тертя»), «призводить» (замість «обумовлює») тощо.

Зроблені вище зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Заключна оцінка дисертаційної роботи.

Дисертація О. І. Максимів «Закономірності формування на сталях наноструктурованих механоімпульсною обробкою поверхневих шарів, опірних механічному та корозійно-водневому руйнуванню» є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові результати, важливі в науковому і практичному плані, що поглиблює знання про нанокристалічні структури та їх вплив на роботоздатність елементів конструкцій з вуглецевих і низьколегованих сталей з урахуванням реальних умов експлуатації.

Дисертаційна робота відповідає чинним вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор, Ольга Володимирівна Максимів, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – «Матеріалознавство».

Офіційний опонент,
завідувач кафедри прикладного
матеріалознавства та обробки металів
Національного університету
«Львівська політехніка» МОН України
доктор технічних наук, професор

З. А. Дурягіна

Підпис професора З. А. Дурягіної засвідчую:

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка» МОН України
к.т.н., доц.



Р. Б. Брилинський