

ВІДГУК

**офіційного опонента на дисертаційну роботу
Ольги Володимирівни Максимів**

“Закономірності формування на сталях наноструктурованих механоімпульсною обробкою поверхневих шарів, опірних механічному та корозійно-водневому руйнуванню”,

**подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
зі спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство**

Актуальність теми дослідження. Одним з найважливіших завдань сучасного етапу розвитку вітчизняного машино-, приладобудування та інших галузей народного господарства є суттєве підвищення якості, надійності та довговічності деталей, вузлів та механізмів. Ця проблема може бути вирішена за використання високоефективних зміцнювальних технологій. Традиційні сплави, що мають термодинамічно рівноважну структуру, методи їх виробництва та обробки, досягли певного технічного рівня і не завжди відповідають сучасним вимогам. Спеціалісти все більше віддають перевагу новим термодинамічно нерівноважним матеріалам, які мають нанофазну структуру. Тому велику зацікавленість вчені всього світу виявляють до методів отримання наноструктурованих матеріалів, які в подальшому і формують властивості отриманих наноматеріалів або наноструктур в поверхневих шарах. До таких методів можна віднести ті, що базуються на інтенсивній пластичній деформації, такі як наприклад механоімпульсна обробка, яка використовує енергію високошвидкісного тертя між оброблюваною деталлю та спеціальним інструментом. У високотемпературну зону контакту подається рідке технологічне середовище, що забезпечує, з одного боку, охолодження поверхневого шару та, відповідно, структурно-фазові перетворення у ньому, а з іншого – додаткове легування металу завдяки деструкції компонентів середовища. Таким чином, обробка поєднує наноструктуризацію поверхневого шару, структурно-фазові перетворення та поверхнєве легування, що розширює матеріалознавчі можливості спрямованого керування фізико-механічними властивостями. Разом з тим практично невиясненою є поведінка такого матеріалу за дії агресивних середовищ. Тому подальший розвиток методу механоімпульсної обробки з огляду на формування поверхневих наноструктур, які чинять опір руйнуванню в корозійно-наводнювальних середовищах, є актуальною як з наукової, так і практичної точок зору.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відділі діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, де авторка дисертації була виконавицею низки бюджетних науково-дослідних

робіт НАН України, які відповідають напряму дослідження, а також гранту НАН України для молодих вчених

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність. Основні наукові положення роботи викладено з урахуванням відомих теоретичних та практичних положень матеріалознавства. Достовірність отриманих результатів ґрунтується на використанні сучасних матеріалознавчих, механічних та фізичних методів досліджень, проведених згідно з вимогами існуючих нормативних документів, на узгодженні більшості висновків роботи з літературними даними, широкому обговорення отриманих результатів досліджень на авторитетних наукових конференціях.

Структура та зміст дисертації. Дисертаційна робота О. В. Максимів складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел та трьох додатків. Загальний обсяг роботи становить 179 сторінок (з них 127 сторінок основного тексту) з 68 рисунками (з них 1 рисунок, що повністю займає сторінку), 17 таблицями, бібліографічним списком із 195 найменувань, що відповідає вимогам до обсягів кандидатських дисертацій.

У дисертаційній роботі на основі виявлення закономірностей формування механоімпульсною обробкою нанокристалічних структур вирішено важливе науково-прикладне матеріалознавче завдання забезпечення поєднання високих механічних властивостей та опору корозійно-механічному руйнуванню і водневій крихкості поверхневих шарів на вуглецевих та низьколегованих сталях.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету та поставлені відповідні задачі, висвітлено наукову новизну та практичну цінність отриманих у роботі результатів. Дисертантом проаналізовано особливості поверхневої наноструктуризації сталей з використанням інтенсивної пластичної деформації.

У роботі показано, що поверхневий шар, сформований механоімпульсною обробкою на вуглецевих та низьколегованих сталях перлітного класу, є градієнтною нанокристалічною структурою з найменшими розмірами кристалітів на поверхні. Мікротвердість поверхні зростає зі зменшенням розміру кристаліту, який, своєю чергою, залежить від режимів обробки та виду охолоджувального середовища.

Виявили, що поверхневі нанокристалічні структури зберігають наноструктурний стан до температури нагрівання 500 °С та характеризуються пониженим коефіцієнтом тертя за умов сухого та оливного зношування.

Поверхневому шару із нанокристалічною структурою властива нижча воднева проникність та вища ефективність пасткування водню порівняно з матричним матеріалом, що визначає його бар'єрні властивості для проник-

нення водню вглиб матеріалу. Визначено режим механоімпульсної обробки, за якого досягається найвища стійкість обробленої сталі водневій крихкості.

Показано, що спрямованим легуванням нікелем, бором та азотом поверхневих шарів вуглецевих сталей під час обробки можна істотно знизити негативний вплив інтенсивної пластичної деформації на їх опір корозії.

Виявлено, що поверхневий шар із нанокристалічною структурою, сформованою механоімпульсною обробкою, характеризується підвищеним опором зношуванню у корозійно-наводнювальному середовищі диетиленгліколю, втомі та корозійній втомі, контактній втомі у корозивному та корозивно-абразивному середовищі.

Висновки, зроблені дисертанткою з проведених різнопланових досліджень, є обґрунтованими та відображають весь обсяг отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих в роботі результатів

Вперше встановлено основні параметри нанокристалітів, які забезпечує механоімпульсна обробка конструкційних сталей, ступінь їх розорієнтування та термічну стабільність; виявлено особливості впливу високих температур на розмір кристалітів: зменшення їх розміру за підвищення температури до 300 °C та зростання за вищих температур.

Вияснено характер впливу корозійно-наводнювальних середовищ на поведінку наноструктур на сталях та показано, що вони можуть слугувати бар'єром для проникнення водню у матричний матеріал. Показано можливість підвищення ефективності механоімпульсної обробки з застосуванням різнонаправленої деформації в оливному середовищі, що забезпечує високу опірність водневій крихкості.

Встановлено істотне зменшення коефіцієнта тертя вуглецевих і низьколегованих сталей після механоімпульсної обробки при їх сухому та оливному зношуванні.

Практична цінність отриманих результатів

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає у можливості спрямованого керування режимами механоімпульсної обробки для досягнення комплексу високих механічних, корозійних, воднево-механічних та корозійно-механічних властивостей, які забезпечують роботоздатність поверхнево зміцнених елементів конструкцій у складних умовах сумісної дії агресивних середовищ та механічного навантаження.

Практична цінність отриманих результатів підтверджена актами впровадження у МКП "Львівводоканал" та ПАТ "Кохавинська паперова фабрика".

Повнота викладу основних результатів дисертації у наукових фахових виданнях. За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 24 наукові праці: 12 у фахових виданнях, що внесені до наукометричних баз Scopus і WoS; 11 – у матеріалах та тезах доповідей конференцій; 1 патент України на корисну модель.

Матеріали дисертаційної роботи апробовані у вигляді доповідей на низці авторитетних наукових конференцій.

Повнота викладення основних результатів дисертаційної роботи у фахових виданнях відповідає чинним вимогам.

Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації й автореферату

Дисертація написана грамотно, державною мовою, структура та виклад матеріалу є логічними та обґрунтованими. Тема та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство. Зміст автореферату відображає зміст та основні положення дисертації. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідає чинним вимогам.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Дисертанткою вказано швидкість нагрівання та охолодження оброблюваної деталі під час пропонованої МІО, а також час дії максимальних температур у зоні фрикційного контакту. Вважаю, що було б доцільно пояснити яким чином проводились такі вимірювання.

2. В четвертому розділі дисертантка висуває припущення, що мікротвердість обробленого поверхневого шару після обробки залежить від вмісту вуглецю в сталі. Однак, в даному випадку слід зважати і на легуючі елементи, які містяться в досліджуваних сталях. Так, порівнявши отримані результати розподілу мікротвердості для сталей 45 і 40Х (рис. 4.1) видно, що більше її значення досягається для сталі 40Х, хоча вміст вуглецю в ній менший. Очевидно, такий результат досягається утворенням міцних карбідів хрому в структурі низьколегованої сталі. Водночас, порівнявши мікротвердість основи та обробленої поверхні Ст 40Х та 65Г виявляється, що більший ефект в даному випадку від зміцнювальної обробки досягається на сталі з меншим вмістом вуглецю, а саме 40Х.

3. Цікавими є результати, отримані при визначенні мікротвердості сталі 60Х2М після МІО з обраною ТО. Вважаю, що доцільно було б пояснити вибір діапазону частоти обертання та варто було б дослідити критично можливе її значення, внаслідок чого можна було б отримувати поверхневий шар з максимально можливою мікротвердістю.

4. Цікавою є поведінка обробленої сталі 40Х різнонаправленою деформацією. В дисертаційній роботі вказано, що значне підвищення відносного звуження досягається в результаті руху дислокацій та розвороту кристалітів у НКС. Вважаю, що доречно було б в цьому випадку представити фото зразків після проведених випробувань, а також дослідити характер їх руйнування.

5. Випробування на зносостійкість сталі 40Х після ТО та після МІО в ускладнених умовах з використанням диетилєнґліколю проводились за схемою «кільце-вкладка», де кільцем слугувала досліджена сталь, а матеріал

вкладки в обох парах тертя був різний (БрАЖН та ВЧ60). Вважаю, що для доведення ефективності зміцнювальної обробки варто було б проводити такі випробування з використанням вкладки в обох випадках з однакового матеріалу.

6. В роботі зустрічаються помилки технічного характеру, для прикладу: на рис. 1.4 не вказана нумерація, яка приведена у відповідному тексті; на рис. 1.5 деталь під номером 1, а інструмент під номером 2, що протирічить підпису (стор 42); помилково зазначено, що після МІО різнонаправленою деформацією Ст 40Х спостерігається зростання відносного видовження (стор. 97), а не звуження (табл. 4.3), це ж саме стосується і сталі 65Г; на рис. 3.2а заявлено, що перших дві гістограми побудовано за режиму № 5, а отже, і величина кристалітів складає 34 нм, а не 23 нм, глибина зміцнення 108 мкм, а не 124 мкм (табл. 3.2); інколи плутанина з нумерацією рисунків та неточності в описі формул та фізичних величин; зустрічаються русизми та не завжди вдалі вирази.

Зроблені вище зауваження не зменшують вагомості отриманих результатів та не змінюють загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи в цілому.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам:

1. Дисертаційна робота О. В. Максимів “Закономірності формування на сталях наноструктурованих механоімпульсною обробкою поверхневих шарів, опірних механічному та корозійно-водневому руйнуванню” є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові наукові та практичні результати щодо встановлення закономірностей формування на конструкційних сталях наноструктурованих механо-імпульсною обробкою поверхневих шарів, а також їх опірності механічному та корозійно-водневому руйнуванню, задля підвищення роботоздатності елементів конструкцій з вуглецевих і низьколегованих сталей з урахуванням реальних умов експлуатації.

2. Робота відповідає вимогам паспорту вказаної спеціальності, а також чинним вимогам п.п. 9, 11, 12, 13 “Порядку присудження наукових ступенів” щодо кандидатських дисертацій, а її автор Ольга Володимирівна Максимів заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство.

Офіційний опонент,
доцент кафедри матеріалознавства
Луцького національного
технічного університету,
кандидат технічних наук, доцент



ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:
учений секретар
ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
доц. А.Земко

Н. Ю. Імбірович