

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, к.т.н., доцента Шевченко Світлани Михайлівни

на дисертаційну роботу Краєвської Жанни Владиславівни

**«Підвищення зносостійкості поверхні при застосуванні додаткового
фрикційно-деформаційного зміцнення сталей»**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 132 – Матеріалознавство

У результаті аналізу дисертаційної роботи Краєвської Жанни Владиславівни за темою «Підвищення зносостійкості поверхні при застосуванні додаткового фрикційно-деформаційного зміцнення сталей», поданої до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», можна сформулювати узагальнений висновок щодо її актуальності, наукової обґрунтованості положень, висновків і рекомендацій, достовірності та значущості отриманих результатів, новизни, а також теоретичної і прикладної цінності, що дозволяє дати комплексну оцінку представленої роботі.

1. Актуальність теми

Дисертантка зазначає, що актуальність теми дослідження обумовлена потребою розроблення нових або удосконалення існуючих методів оброблення, які спрямовані на управління структурою та додаткове зміцнення поверхні виробів, що може застосовуватись при зміцненні виробів різної номенклатури.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційне дослідження Краєвської Жанни Владиславівни є актуальним і виконаним у відповідності до сучасних вимог розвитку науки і техніки. Робота проводилася у межах пріоритетних напрямів наукової діяльності, визначених державою, і спрямована на вдосконалення технологій підвищення експлуатаційних властивостей конструкційних матеріалів, зокрема їх зносостійкості.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі «Матеріалознавство» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Частина отриманих результатів дисертаційних досліджень впроваджено в навчальний процес (в освітньо-професійні та освітньо-наукові програми) та розглядаються при вивченні дисциплін (освітніх компонентів): «Матеріали з особливими фізичними та механічними властивостями» (бакалаврська освітня програма), «Технології та обладнання для модифікування поверхні та об'ємної обробки матеріалів», «Термомеханічні методи впливу на властивості матеріалу», «Зносостійкі та антифрикційні матеріали» (магістерська освітня програма).

3. Наукова новизна одержаних результатів

Відомості про наукову новизну займає важливе місце в структурі дисертаційної роботи та відображає основні положення, що становлять вклад здобувача в розвиток наукового напрямку. У цьому пункті узагальнено результати досліджень, які раніше не були висвітлені в науковій літературі, і які мають суттєве значення для подальшого вдосконалення методів оброблення та зміцнення матеріалів. Представлені положення новизни демонструють авторське бачення проблеми, глибину аналітичного підходу та орієнтацію на розв'язання актуальних прикладних і теоретичних задач.

В дисертаційній роботі узагальнено та розвинуто результати теоретичних і експериментальних досліджень щодо факторів, умов забезпечення та керування процесами ДФДЗ, що дозволяє отримати необхідний рівень зносостійкості матеріалів і виробів з урахуванням відповідних вимог до них.

Вперше:

запропоновано метод ДФДЗ, як спосіб підвищення зносостійкості поверхні вже зміцнених термічним шляхом, до максимального рівня, виробів із сталей;

експериментально виявлено морфологію структури в перерізі зразків із сталей, які були додатково зміцнені з використанням методу ДФДЗ;

встановлено оптимальні умови для отримання ефективного результату

ДФДЗ сталей та надано рекомендації щодо оптимального вмісту вуглецю в сталях для застосування даного методу;

встановлено характер змін та науково обґрунтовано взаємозв'язок між отриманим під дією ДФДЗ рівнем інструментальної твердості та значенням модуля Юнга (модуля нормальної пружності), в різних структурних станах, тобто в поверхневій, підповерхневій та основній частинах зразків із сталей, що досліджували;

виконано розрахунки щодо підвищення зносостійкості сталі під дією ДФДЗ та визначено очікуваний економічний ефект від застосування методу ДФДЗ при зміцненні виробів із сталі 65Г на одиницю зміцненої поверхні.

Отримали подальший розвиток: теорії «додаткового фрикційно-деформаційного зміцнення» (ДФДЗ) та «додаткового термо-деформаційного зміцнення» (ДФТЗ) в контексті характеру додаткового зміцнення для підвищення зносостійкості загартованих сталей, які на етапі термічного зміцнення набули максимально можливого, в термічний спосіб, рівня твердості.

теорія аналізу зміни мікротвердості порівняно зі зміною модуля Юнга під впливом ДФДЗ в перерізах зразків сталей, що досліджувалися в дисертаційній роботі.

Удосконалено:

Методи ДФДЗ та ДФТЗ, в питаннях факторів та умов оброблення, які є похідними від методу «термофрикційного зміцнення» (ДФТЗ), проте відрізняються характером структуроутворення за рахунок механізму впливу імпульсу від оброблення на фізико-механічні процеси, які відбуваються при цьому.

Методи оброблення, що спрямовані на управління структурою та зміцнення поверхневих шарів виробів, під час яких формується багатошарова морфологія перерізу, що складається з шарів, які характеризуються різними структурними станами з відповідними різними функціональними властивостями.

4. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Окремі результати дисертаційного дослідження впроваджено в навчальний процес у межах освітньо-професійної та освітньо-наукової підготовки, зокрема при викладанні дисциплін: «Матеріали з особливими фізичними та механічними властивостями» (бакалаврський рівень), «Технології та обладнання для модифікування поверхні», «Термомеханічні методи впливу на властивості матеріалу», «Зносостійкі та антифрикційні матеріали» (магістерський рівень).

5. Повнота викладення матеріалів дисертації в наукових працях, які опубліковані автором.

Результати дисертаційного дослідження оприлюднено в 11 наукових публікаціях, серед яких: 2 статті у фахових наукових виданнях України, 2 статті, що індексуються у міжнародній наукометричній базі Scopus, а також 7 тез доповідей, представлених на міжнародних науково-практичних конференціях.

Зазначене свідчить про належний рівень апробації основних положень роботи та дає підстави вважати дисертацію самостійним, завершеним науковим дослідженням, результати якого мають прикладне значення для вирішення актуального завдання підвищення зносостійкості поверхневого шару сталей.

6. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертаційна робота Краєвської Ж.В. є завершеною науковою роботою, містить анотацію – українською та англійською мовами, вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел і два додатки.

В дисертації вирішуються актуальні питання підвищення зносостійкості поверхні в процесі додаткового фрикційно-деформаційного зміцнення сталей.

Об'єкт дослідження: процес формування ієрархічної структури та механічних властивостей при додатковому фрикційно-деформаційному зміцненні (ДФДЗ) поверхні.

Предмет дослідження: підвищення зносостійкості поверхні під дією додаткового фрикційно-деформаційного зміцнення вуглецевих сталей та низьколегованої сталі 65Г.

У вступі дисертації обґрунтовано актуальність обраної теми, визначено мету й завдання дослідження, окреслено об'єкт і предмет дослідження. Зазначено які методи дослідження застосовані при виконанні роботи. Підкреслено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Показаний особистий внесок здобувача, надані відомості про апробацію результатів дисертації та публікації де висвітлено результати дисертаційної роботи.

Перший розділ дисертації присвячений аналізу стану питання щодо методів поверхневого зміцнення. Детально розглянуті термічні, хіміко-термічні, механічні методи поверхневого зміцнення. Також розглянуті окремі аспекти фрикційного зміцнення, формування покриттів та інші методи зміцнення поверхні. Проаналізовані дані показують, що існує потреба в методах додаткового зміцнення поверхні, таких як, наприклад, метод фрикційно-деформаційного зміцнення, який дає змогу додатково зміцнювати вже попередньо зміцнені (наприклад термічним шляхом) сталі та є актуальним і перспективним.

У другому розділі представлені матеріали та методика проведення дослідження. В якості матеріалів для виготовлення зразків була обрана лінійка (ряд) вуглецевих сталей та низьколегована сталь 65Г. Розглянута методика додаткового фрикційно-деформаційного зміцнення, представлено обладнання, яке використовується для забезпечення процесу ДФДЗ. Описано методику металографічного аналізу, який був проведений за допомогою металографічних мікроскопів: оптичного МІМ-7 та цифрового мікроскопу ZEISS AXIO Vert. A1 та електронного мікроскопу «ПЕМ-100» в перерізах зразків, що досліджували. Детально розглянута методика інструментального

індентування (наноіндентування), яке, станом на сьогодні, є одним із найсучасніших прецизійних методів визначення окремих механічних характеристик тонких шарів та покриттів. Індентування здійснювалось з використанням приладу «Нано скан 4D» в усіх ділянках перерізів зразків, де відбулись певні структурні перетворення. Окрім того, розглянуто методику випробувань зміцненої поверхні на тертя та зношування і методику визначення шорсткості при дослідженні якості поверхні, що проводили до та після випробувань на тертя та зношування. При дослідженні зносостійкості зразків застосовано машину для випробувань на тертя та зношування СМЦ-2. Проведено порівняльний аналіз отриманих даних щодо зносостійкості зазначених зразків.

У третьому розділі розглянуті основні види термічних операцій та аспекти попереднього термічного оброблення зразків. Наведені результати дослідження структурних перетворень, що відбуваються в сталях в процесі основного термічного та додаткового фрикційно-деформаційного зміцнення. Представлені мікроструктури досліджених зразків із сталей марок: Сталь 20, 45, У7, У12 після ДФДЗ з метою виявлення різниці в структуроутворенні внаслідок збільшення вмісту вуглецю та марок: Сталь 65Г, У8А в контексті ДФДЗ, як матеріалів конкретних виробів.

У четвертому розділі представлено результати дослідження змін механічних характеристик, які відбуваються в поверхневому та підповерхневому шарах попередньо термічно зміцнених сталей в процесі додаткового фрикційно-деформаційного зміцнення зразків. Показано зміну мікротвердості в перерізах зразків з використанням приладу ПМТ-3, показано зміну інструментальної твердості в перерізах зразків з використанням приладу «Нано-скан 4D». Визначено модуль Юнга та його зміну в різних шарах при дослідженні перерізів зразків. Проаналізовано вплив ДФДЗ на зміну механічних властивостей матеріалів, а особливо, зміну мікротвердості, інструментальної твердості (нанотвердості) у співвідношенні з модулем нормальної пружності (модулем Юнга).

У п'ятому розділі надано результати визначення зносостійкості поверхні, як результат трибологічних змін в сталі, які викликані дією додаткового фрикційно-деформаційного зміцнення поверхневих шарів виробів. Зносостійкість додатково зміцненої поверхні було визначено із застосуванням методу штучних баз за стандартною методикою, з використанням твердоміру типу ТП (Віккерс), а в якості зразка була застосована попередньо термічно зміцнена колодка із сталі 65Г після ДФДЗ. Випробування на зношування, з використанням машини СМЦ-2, проводили за схемою «диск-колодка». Також визначали рівень шорсткості при дослідженні якості поверхні, що проводили до та після випробувань на тертя та зношування.

Шостий розділ присвячений визначенню очікуваного економічного ефекту від потенційного виготовлення та зміцнення циклювальних ножів із сталі 65Г.

У висновках представлено основні результати наукової роботи щодо вирішення поставлених наукових задач дослідження.

У процесі формування теоретичної бази дослідження Краєвською Ж.В. опрацьовано широкий спектр літературних джерел, що охоплюють як фундаментальні положення матеріалознавства, так і прикладні аспекти процесів поверхневого зміцнення. Окрему увагу приділено сучасним зарубіжним роботам, що забезпечує актуальність і наукову новизну підходу.

Додатки містять дані про використання результатів дисертації у навчальному процесі та перелік публікацій здобувача за темою дослідження.

7. Достовірність отриманих результатів та висновків

Обґрунтованість отриманих результатів забезпечується чітким визначенням мети та задач дослідження, а також застосуванням відповідних методологічних підходів. Надійність представлених наукових положень підтверджується комплексним дослідженням об'єкта, що зумовлює використання різноманітних методів, які відповідають поставленим задачам.

8. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях

Дисертація виконана з дотримання вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основні ідеї авторки та результати дослідження викладено у чотирьох статтях: дві статті у фахових наукових виданнях України, дві статті у виданнях, що індексуються у міжнародній наукометричній базі Scopus, а також дисертантка активно приймала участь в міжнародних конференціях, де була проведена апробація ідей, що викладено у дисертаційному дослідженні.

9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. На секторних діаграмах представлений елементний склад з відсотковим співвідношенням між компонентами, проте без зазначення відсотку заліза. Поясніть будь ласка, чому не вказаний вміст заліза?

2. Обмежений опис практичного значення та можливостей впровадження результатів дослідження.

3. Відсутність аналізу обмежень при дослідженні додаткового зміцнення матеріалів та рекомендацій для подальшої роботи.

4. По тексту дисертації присутня незначна кількість стилістичних помилок.

5. Оформлення ілюстративних матеріалів (графіки, фотознімки мікроструктур) потребує вдосконалення для кращої наочності та сприйняття, наприклад на деяких знімках відсутні данні про збільшення.

10. Висновки

Дисертаційна робота Краєвської Жанни Владиславівни є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дисертаційного дослідження відповідає галузі знань 13 – «Механічна інженерія» та спеціальності 132 – «Матеріалознавство».

Отже, враховуючи актуальність теми, отримані результати та певну практичну значущість вважаю, що дисертаційна робота Краєвської Жанни Владиславівни «Підвищення зносостійкості поверхні при застосуванні додаткового фрикційно-деформаційного зміцнення сталей» відповідає вимогам 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а сама авторка, Краєвська Жанна Владиславівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 132 «Матеріалознавство».

Рецензент – кандидат технічних наук,

доцент кафедри «Матеріалознавство»

Національного Технічного Університету

«Харківський Політехнічний Інститут»

Світлана ШЕВЧЕНКО

Підпис *Світлана Шевченко*
 ЗАСВІДЧУЮ:
 ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
 НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
 "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
Світлана Шевченко
 "30" червня 2025 р.

