

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Романюк Світлани Павлівни

«Експериментальні та технологічні основи формування структури і властивостей при зміцненні нанопокриттями інструмента»,
представленої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство

Актуальність теми дисертації

На теперішній час у сучасному матеріалознавстві значна увага приділяється створенню матеріалів з покращеними механічними властивостями. Одним з актуальних підходів до вирішення такої задачі є не розробка складу сплавів для надання заданих властивостей різальним інструментам, а використання існуючих матеріалів з покращеними певними властивостями, які формуються в результаті зміни структуроутворення та складу робочих поверхневих шарів. Вони мають велике значення на експлуатаційну стійкість виробів. Нанесення зміцнюючих наноструктурних покриттів є сучасним методом, який забезпечує підвищення зносостійкості інструментів. У роботах, виконаних в останні роки, представлені різні технології формування захисних шарів, однак кожна з них має свої переваги та недоліки. У зв'язку з цим, дисертаційна робота Романюк Світлани Павлівни, яка присвячена експериментальному, теоретичному та технологічному обґрунтуванню параметрів комплексної технології зміцнення і відновлення двох типів різальних інструментів, що працюють в умовах циклічних навантажень, зносу й корозійного впливу є досить актуальною.

Про актуальність роботи дисертантки додатково свідчить й те, що вона виконана в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт: «Розробка і використання нових технологічних прийомів зміцнення наноструктурними покриттями в машинобудуванні» (ДР 0120U102792); «Нові технологічні процеси відновлення деталей наплавленням з використанням модифікування

вторинною сировиною» (ДР 0120U002209); «Теоретичне та експериментальне обґрунтування нових технологій виробництва та відновлення деталей з використанням зміцнення модифікуванням» (ДР 0116U005802); «Отримання і застосування детонаційної шихти для підвищення експлуатаційної стійкості деталей» (ДР 0117U004157). У вищеназваних роботах здобувачка безпосередньо приймала участь та використовувала одержані результати у публікаціях, патентах і дисертаційній роботі.

Оцінка структури та змісту дисертації

Дисертаційна робота представлена на 392 сторінках і складається з анотації, вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел (377 найменувань) та 7 додатків, викладених на 47 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 303 сторінки. Робота проілюстрована 118 рисунками, експериментальні та теоретичні дані представлені у 92 таблицях.

У **вступі** обґрунтована актуальність теми, зазначено зв'язок дисертації з науковими програмами, висвітлені наукова новизна і практична цінність роботи, наведено апробацію й публікації результатів, проведених теоретичних та експериментальних досліджень з визначення особистого внеску здобувача. Об'єкт та предмет дослідження, в цілому, визначені коректно.

Перший розділ «Аналіз сучасних та перспективних напрямів зміцнення і відновлення поверхонь деталей із застосуванням нанотехнологій» містить аналіз сучасних вітчизняних та закордонних досліджень з вибору методів зміцнення та відновлення поверхонь деталей, а також наведено результати попереднього експериментального досвіду дисертантки. Встановлено, що одним з найбільш перспективних напрямів є розробка і застосування нанотехнологій з урахуванням геометричної форми зміцнюваного виробу, його хімічного складу, якості металу, структуроутворення та необхідних властивостей. Для вибору ефективного використання типу покриття розглянуто їх властивості в залежності від

параметрів технології нанесення. Проведений аналіз дозволив сформулювати мету та завдання досліджень.

У другому розділі «Матеріали, методики та методологія проведення досліджень» наведено матеріали виготовлення інструментів та характеристика об'єктів досліджень. Представлено коректно продуману методологію досліджень, яка базувалася на використанні сучасних методів і розробки нових комплексних підходів для детального вивчення структуроутворення та оцінки якості інструмента, які спрямовані на забезпечення підвищення експлуатаційної стійкості двох типів різальних інструментів. Описано методики експериментальних та теоретичних досліджень структури та властивостей зміцнених покриттями інструментів.

У третьому розділі «Дослідження деградаційних процесів в різальних інструментах» представлені основні чинники, які призводять до пошкоджуваності тонкостінних дискових ножів для подрібнення горіхів та пакувального різального інструмента, що використовуються в кондитерському виробництві. Для своєчасного виявлення ступеня дефектності та рівня виникаючих напружень у різальних інструментах використано неруйнівний магнітний метод контролю з визначенням оптимального рівня коерцитивної сили та допустимим відхиленням. Для дослідження процесів, які складно виявити за допомогою тільки експериментальних методів, розроблено і використано новий комплексний методологічний підхід до теоретичних досліджень із застосуванням сучасної комп'ютерної програми Thixomet Pro та оптико - математичного методу опису структуроутворення. Встановлено, що формуєма неоднорідність фаз по перетину пакувального інструмента істотно знижує його експлуатаційні властивості.

У четвертому розділі «Застосування нанопокриттів для підвищення експлуатаційної стійкості інструмента у харчовому виробництві» запропоновано різні параметри технології зміцнення ножів. Для тонкостінного дискового інструмента зі сталі 65Г розроблено параметри

технології осадження покриття TiN для забезпечення стабільної роботи та запобігання його перегріву. Процес нанесення покриття на поверхню пакувального різального інструмента (працює в умовах інтенсивного зношування і у корозійному середовищі) визначався як властивостями матеріалу покриття, умовами його експлуатації, так і специфікою протікання процесів структурних змін робочого шару. Для таких інструментів запропоновано застосування багат шарової композиції на основі цирконію типу ZrO_2 і ZrN . Розглянуто вплив різних методів нанесення покриттів на властивості і структуроутворення поверхневих шарів різальних інструментів.

У п'ятому розділі «Теоретичні та експериментальні оцінки особливостей структуроутворення покриттів» запропоновано новий підхід до теоретичної оцінки структуроутворення зміцнених покриттями різальних інструментів, який був використаний для визначення анізотропії розподілу компонентів та локальної неоднорідності осаджених шарів з урахуванням дисперсності наноструктури на заданих комірках 3×3 , 4×4 , 5×5 пікселів, за часткою різних кількостей точок - 2, 6, 10, 15, 20, 25, 30, 35 і по усьому електронному зображенню. Показники неоднорідності багат шарового нанопокриття додатково оцінено як всередині, так і на границях кожного шару. Такий підхід дозволив контролювати стан структури і рівень неоднорідності робочого поверхневого шару з оцінкою впливу крапельної фази на його стабільність при експлуатації.

Шостий розділ «Промислові іспити та впровадження розробок» присвячено результатам промислової апробації, трибологічним випробуванням, згідно параметрів технології відновлення пакувального різального інструмента. Позитивними результатами в реальних умовах виробництва ПАТ «Кондитерська фабрика «Харків'янка» оцінено ефективність запропонованих технологій зміцнення різальних інструментів з економічним ефектом 151899,2 грн (підтверджено актом впровадження). Продемонстровано потенціал використання немагнітної складової детонаційної шихти, яка містить дрібнодисперсні і нанорозмірні алмази, а

також різноманітні модифікуючі домішки при відновленні інструмента наплавленням.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації, а його оформлення, в цілому, відповідає вимогам, які висуваються до докторської дисертації.

Наукова новизна дисертаційних досліджень

В якості найбільш значущих наукових результатів роботи, які визначають її новизну слід є:

– вперше запропоновано комплексний підхід контролю якості різального інструмента у вихідному стані, після його зміцнення та експлуатації, що дозволило виявляти зміни структуроутворення, рівень виникаючих напружень та деградацію металу за анізотропією властивостей;

– вперше для підвищення якості робочої поверхні та зниження втомної пошкоджуваності при тривалій експлуатації тонкостінного різального інструмента запропоновано циклічне нанесення нітридного наноструктурного шару іонно - плазмовим методом з використанням ВЧ розряду, що запобігає його перегріву;

– вперше запропоновано використання багат шарового наноструктурного покриття ZrN/ZrO_2 , в якому шари з нітриду цирконію забезпечують необхідну зносостійкість, а керамічні – сприяють захисту від корозії. Ефективність цього процесу забезпечує невелика частка крапель розміром до 8-10 мкм в шарах ZrN , границі яких викришуються, а кисень з підшару ZrO_2 дифундує та заповнює порожнини і при експлуатації поновлює зношені вторинні захисні плівки;

– вперше теоретичними дослідженнями оцінено локальну структурну неоднорідність робочої поверхні в експлуатації, що дозволило виявляти певні ділянки, в яких відбуваються процеси дифузії, виникають локальні деформації, формуються дефекти будови (краплі, порожнини, мікротріщини), відбувається розмежування зон стиснення й розрядження

структури і це супроводжується змінами концентрації компонентів та їх границі є осередками зародження пошкоджуваності;

– вперше для прогнозування особливостей структуроутворення, яке відбувається на зміцненій покриттям поверхні в умовах тертя, на основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено новий підхід з виявленням поєднань нестабільних фазових складових, що зазнають найбільших змін в процесі експлуатації й визначають їх зв'язок зі зносостійкістю.

– на основі комплексних теоретичних досліджень металографічних зображень за допомогою сучасної комп'ютерної програми Thixomet Pro, а також спеціально розробленого і удосконаленого оптико-математичного методу виявлено зміни фазового складу й деградації структури за мінливістю характеристик кольорів, пов'язаних з процесами, які виникають в період експлуатації. Встановлено, що під дією виникаючих напружень руйнуються менш стабільні структурні складові та зменшується кількість загальної частки карбідної фази, яка відрізняється концентрацією в ній основних компонентів.

Практичні результати роботи, їх рівень та ступінь впровадження

У дисертаційній роботі Романюк С. П. на основі проведених комплексних досліджень та моделювання структуроутворення запропоновано параметри технології зміцнення тонкостінного різального інструмента покриттям TiN для подрібнення горіхів, що дозволяє збільшити його експлуатаційну стійкість до 210 разів у порівнянні з дисковими ножами зі сталі 65Г діючого виробництва. Для оцінки якості покриттів розроблено та використано методи неруйнівного контролю інструментів, що забезпечують своєчасне виявлення напружень та початок деградації металу. Це дозволяє запобігати використанню таких ножів при експлуатації та уникнути руйнувань інструментів, що працюють в єдиному блоці.

Одночасно виконано розробки з підвищення рівня властивостей та експлуатаційної стійкості пакувального інструмента зі сталі X12, що працює

в умовах зношення та корозійного впливу у спряженні, для зміцнення та відновлення якого обґрунтовано ефективність використання багат шарового наноструктурного покриття ZrN/ZrO_2 . Впровадження такої технології у виробництво сприяло більш стабільній роботі інструмента при експлуатації (до 14 разів), який використовується для розрізання металізованої плівки при пакуванні цукерок.

Результати роботи, і це є безумовно позитивною рисою дисертаційних досліджень, мають реальне впровадження та використовуються на харчовому підприємстві ПАТ «Кондитерська фабрика «Харків'янка». Економічний ефект від впровадження запропонованих розробок, який базувався на фактично досягнутому підвищенні стійкості різальних інструментів в експлуатації, досягає 151899,2 грн. Очікуваний економічний ефект при використанні розробленої технології зміцнення в масштабах трьох великих українських підприємств з аналогічним обладнанням складе 455697,6 грн. Новизна виконаних розробок, які доведено до промислового використання, підтверджується 12 патентами України.

Результати виконаних в дисертаційній роботі досліджень використовуються також і в учбовому процесі у лекційних курсах з дисциплін «Нанотехнології та методологія наукових досліджень» й «Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів» для бакалаврів і магістрів, які навчаються за освітньою програмою «Обладнання переробних і харчових виробництв; інженерія переробних і харчових виробництв», а також для студентів, які отримують спеціальність «Харчові технології».

Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів

Використання сучасного обладнання, комплексу новітніх та взаємодоповнюючих методів експериментальних і теоретичних досліджень структури й властивостей зміцнених наноструктурними покриттями різальних інструментів, висока кореляція отриманих даних з експлуатаційною стійкістю забезпечують необхідну достовірність

отриманих результатів, які обговорювались на міжнародних наукових конференціях, опубліковані в журналах, включених до наукометричних баз SCOPUS та Web of Science. Виконана робота надає повне обґрунтування вирішенню науково-прикладної задачі. Висновки, які зазначені в роботі не суперечать класичним уявленням щодо формування структури та властивостей наноструктурних покриттів.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях

Основні результати досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано в 63 наукових працях, в тому числі: 19 статей у спеціалізованих наукових виданнях України та 11 статей у закордонних виданнях (з них 15 включено до міжнародних наукометричних баз SCOPUS та Web of Science); 21 публікація у матеріалах та працях конференцій (з яких 1 колективна монографія); отримано 12 патентів України.

Результати дисертаційної роботи є достатньо повно апробовані та оприлюднені.

Основні зауваження щодо дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Романюк С.П. заслуговує позитивної оцінки. Разом з тим, є деякі дискусійні зауваження:

1. У першому розділі дисертації розглянуті різні зміцнюючі покриття, а в основній частині роботи авторка зупинилась тільки на нітриді титану (TiN) для тонкостінного інструмента. Не зовсім обґрунтовано вибір саме цього покриття.

2. У розділі 2.4 «Експериментальні методи досліджень структури і властивостей різальних інструментів» для оцінки напруженого стану та якості металу тонкостінних інструментів із залізвуглецевих сплавів, зміцнених шаром TiN з однієї сторони, та ножів зі сталі X12 з цирконієвими наноструктурними покриттями ZrO₂/ ZrN, дисертантка вказує, що використовувала магнітний метод неруйнівного контролю. Бажано було б більш детально пояснити як оцінювали напружений стан окремо покриттів та металу інструментів?

3. Одним з завдань дисертаційної роботи є дослідити та проаналізувати вплив значної за розміром крапельної фази на структуру нітридних покриттів, осаджених вакуумно-дуговим методом, а також запропонувати шляхи зниження їх частки при нанесенні зміцнюючих шарів на поверхню інструмента. Для зменшення даного дефекту будови покриттів дисертантка використала ВЧ розряд та криволінійний магнітний фільтр. Але в роботі не вказано чи є краплі, які залишаються в покритті, в умовах тертя абразивом?

4. Не зовсім зрозуміло, навіщо додатково вводили кисень у вигляді керамічного шару ZrO_2 , якщо його достатньо у навколишньому середовищі?

5. Потребує уточнення один з пунктів наукової новизни, а саме: у фразі «Ефективність цього процесу забезпечує невелика частка крапель розміром до 8-10 мкм в шарах ZrN » необхідно було зазначити кількість цієї частки.

6. У таблиці 6.15 «Результати розрахунку гістограм МДБ для багатошарового покриття після випробувань на тертя» розглянуто співвідношення кольорів для рис.6.15, але не зрозуміло про які зображення 2 та 3 йде мова. Відсутність даного пояснення у тексті роботи ускладнює сприйняття порівняльних результатів теоретичних досліджень.

7. При дослідженні вихідного стану пакувальних інструментів після експлуатації дисертанткою була виявлена корозійна пошкоджуваність робочої поверхні. Для вирішення даного недоліка у роботі запропоновано використання керамічного шару ZrO_2 у складі багатошарової композиції. Однак, з тексту роботи незрозуміло, яким чином контролювали корозійну пошкоджуваність зміцнених наноструктурними покриттями різальних інструментів.

8. На мій погляд, у роботі необхідно було навести інформацію про можливість використання розробок в інших галузях переробної промисловості.

Але зазначені зауваження не знижують наукову та практичну значимість роботи і не впливають на загальну високу оцінку дисертації.

Загальний висновок

Дисертація Романюк Світлани Павлівни «Експериментальні та технологічні основи формування структури і властивостей при зміцненні нанопокриттями інструмента» є завершеною науково – дослідною роботою, яка за змістом, обсягом, важливістю та рівнем отриманих теоретичних і експериментальних науково-обґрунтованих результатів, кількістю та якістю публікацій повністю відповідає паспорту спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство. Дисертаційна робота є завершеною кваліфікаційною науковою працею, у якій вирішено науково-прикладну задачу - підвищення експлуатаційної стійкості різальних інструментів зі сталі 65Г (тонкостінні дискові ножі для подрібнення горіхів) та Х12 (для розрізання металізованої плівки при пакуванні цукерок), що працюють у харчовій промисловості в умовах циклічних навантажень, зносу й корозійної пошкоджуваності.

Враховуючи викладене, вважаю, що дисертаційна робота Романюк С.П. повністю відповідає вимогам пунктів 9,10,12,13 «Порядку присудження наукових ступенів» до докторських дисертацій, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013р. № 567 (зі змінами) та Положенню про спецраду № 1059 від 14.09.2011р. (зі змінами) до докторських дисертацій, має бути оцінена позитивно, а її авторка, Романюк Світлана Павлівна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», доктор технічних наук, доцент

Володимир ВОЛЧУК

Підпис Володимира ВОЛЧУКА засвідчують:
Вчений секретар ДВНЗ ПДАБА

Анастасія ГАЙДАР

