

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Горпенко Артема Олександровича

на тему «Вплив дефектів наплавлення на втомну міцність титанового сплаву
BT22 з відновленою поверхнею»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 13 Механічна інженерія
за спеціальністю 132 Матеріалознавство

Актуальність теми дисертації.

Тема дисертаційної роботи є безсумнівно актуальною, оскільки присвячена вивченню технологій відновлення деталей з титанових сплавів, зокрема BT22, які широко застосовуються в авіаційній, космічній, енергетичній та інших високотехнологічних галузях. Питання забезпечення довговічності та втомної міцності таких деталей є надзвичайно важливим, з огляду на жорсткі умови їхньої експлуатації та високу вартість виготовлення.

Дослідження, виконані в межах дисертації, спрямовані на вдосконалення технології відновлювального наплавлення із застосуванням спеціальних присадних дротів СП15св та BT22св, а також на оптимізацію режимів локальної термічної обробки. Особливу увагу приділено впливу дефектів наплавлення, фазовому складу та мікроструктурній неоднорідності на втомну міцність і загальний ресурс відновлених конструкцій. Актуальність підсилюється застосуванням таких технологій на підприємствах авіабудування, зокрема АТ «АНТОНОВ», що підкреслює їхню практичну значущість.

Результати роботи мають важливе значення для підвищення надійності та ресурсу відповідальних елементів конструкцій, що працюють за умов циклічного навантаження, і можуть бути безпосередньо впроваджені у виробничу практику. У зв'язку з цим тема дисертації відповідає сучасним потребам науки і техніки, а її реалізація сприяє розвитку технологій ремонту та продовження терміну служби дорогої авіаційної техніки.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у вперше встановлених закономірностях впливу параметрів відновлювального наплавлення та локальної термічної обробки на формування мікроструктури, мікротвердості та

втомної міцності титанового сплаву ВТ22. Вперше встановлено, що після наплавлення дротами СП15св та ВТ22св і подальшої локальної термічної обробки у зоні термічного впливу утворюються мікроструктурно неоднорідні ділянки з різною травимістю. Ці зони характеризуються локальними змінами хімічного складу, що зумовлює формування нерівноважної структури з пониженою мікротвердістю (323–335 HV), що може знижувати втомну довговічність.

Доведено, що застосування контрольованого швидкісного СВЧ-нагріву у процесі ЛТО сприяє вирівнюванню температурного поля, формуванню однорідної структури як у зоні наплавлення, так і в зоні термічного впливу, зменшенню залишкових напружень та стабілізації мікротвердості. Це суттєво підвищує втомну міцність, що є критично важливим для деталей, які працюють в умовах циклічного навантаження.

Також вперше встановлено, що пори діаметром 80–120 мкм у приповерхневій зоні наплавленого шару є осередками ініціації втомного руйнування, а їх наявність знижує втомну міцність зразків на 45–50% у порівнянні з дефектами, які були відсутні.

Достовірність отриманих результатів забезпечена використанням сучасного високоточного обладнання (оптична і електронна мікроскопія, мікротвердомір, система EDS-аналізу), багаторазовим повторенням експериментів, а також узгодженістю між експериментальними даними та відомими фізико-металургійними закономірностями. Обґрунтованість висновків підтверджується логічним зв'язком між виявленими дефектами, структурними характеристиками і змінами механічних властивостей.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі фізичного матеріалознавства та термічної обробки навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках НДР під керівництвом професора кафедри ФМТО, кандидата технічних наук, професора Донія Олександра Миколайовича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, а здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності. У процесі дослідження автором:

- досліджено характер руйнування зразків сплаву ВТ22, які пройшли однакові умови наплавлення та локальної термічної обробки, з метою виявлення основних факторів, що впливають на їхню довговічність;
- вивчено мікроструктуру та мікротвердості наплавлених і термічно оброблених зразків, встановлено вплив структурної неоднорідності на втомну міцність;

- проаналізовано дефекти, що виникають у процесі відновлювального наплавлення та локальної термічної обробки, з'ясовано їхню роль у розвитку втомних пошкоджень;

- визначено взаємозв'язок між розподілом легуючих елементів, фазовим складом та зниженням механічних властивостей у зонах з неоднорідною травимістю.

Результати дослідження підтверджують високий рівень підготовки здобувача та його здатність до самостійної науково-дослідної роботи.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Горпенко А. О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 132 Матеріалознавство. та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Матеріалознавство.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Горпенко Артема Олександровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Виклад матеріалу здійснено послідовно, логічно та доступно, із дотриманням вимог наукового стилю. Автор чітко формулює наукові положення, використовує загальноприйнятну технічну та спеціальну термінологію, а також демонструє володіння професійною мовою матеріалознавства. Структура роботи відповідає вимогам до дисертаційних досліджень, розділи логічно пов'язані між собою, а виклад інформації супроводжується необхідними ілюстраціями, таблицями та посиланнями на літературні джерела. Стиль мовлення науковий, виважений, без граматичних і стилістичних помилок.

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури. Загальний обсяг дисертації 165 сторінок.

У вступі дисертації обґрунтовано актуальність теми, визначено мету та завдання дослідження, об'єкт і предмет роботи, наукову новизну, практичне значення результатів, особистий внесок автора, а також наведено відомості про апробацію та публікації.

У першому розділі проведено аналітичний огляд літератури щодо структури, властивостей та технологій обробки титанових сплавів, зокрема

BT22. Розглянуто особливості наплавлення та вплив типів присадних дротів (СП15св, BT22св) на структуру та властивості. Окреслено основні дефекти наплавлення та їхній вплив на втомну міцність.

У другому розділі описано матеріали та методи досліджень. Представлено хімічний склад матеріалів, режими наплавлення та локальної термічної обробки. Здійснено виготовлення та втомні випробування зразків. Наведено методики фрактографічного, металографічного та спектрального аналізу, а також вимірювання твердості й шорсткості.

У третьому розділі проаналізовано вплив наплавлення дротом СП15св та ЛТО на мікроструктуру, фазовий склад і втомну міцність. Встановлено зв'язок між структурною однорідністю, твердістю та довговічністю. Виявлено ключову роль зон із відмінною травимістю у зародженні втомних тріщин.

У четвертому розділі досліджено вплив наплавлення дротом BT22св та ЛТО на фазові перетворення, пористість та мікротвердість. Встановлено, що пори діаметром 80–120 мкм значно знижують втомну міцність. Зроблено висновки щодо важливості контролю параметрів процесу для стабілізації властивостей матеріалу.

У п'ятому розділі узагальнено результати щодо впливу дефектів та неоднорідностей на механізм руйнування. Показано, що стабільна структура і відсутність пор забезпечують підвищену втомну міцність. Запропоновано метод виявлення зон з відмінною травимістю без травлення, що може бути використано для контролю якості наплавлених деталей.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у чотирьох наукових публікаціях здобувача, серед яких: три статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; одна стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, яка віднесена до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports, що рекомендовані до друку Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського та пройшли рецензування.

Також результати дисертації були апробовані на чотирьох наукових фахових конференціях.

Науковий рівень публікацій здобувача відповідає вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано чотири статті у фахових наукових виданнях України за спеціальністю 132 «Матеріалознавство», зокрема одна стаття у співавторстві з більш ніж двома

авторами. Окрім того, одна стаття опублікована у науковому журналі, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus (категорія A, квартиль Q1), що свідчить про визнання результатів дослідження у міжнародній науковій спільноті.

Також здобувач представив результати досліджень на чотирьох наукових конференціях, опублікувавши відповідні тези доповідей.

У всіх публікаціях здобувач чітко зазначений як автор, дотримано принципів академічної доброчесності. Особистий внесок автора у кожній роботі підтверджено: здобувач самостійно проводив експериментальні дослідження, обробляв результати, здійснював аналіз та підготовку матеріалів до публікації.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У вступі дисертації (с. 4) автор згадує про відновлення авіаційних деталей, однак у подальших розділах тема практичного застосування не розкривається належною мірою. Виникає враження, що зв'язок між метою дослідження та прикладною задачею сформульовано недостатньо чітко.

2. Робота не містить достатньої інформації про хімічну однорідність у зоні наплавлення. Хоча подано дані спектрального аналізу, не зроблено висновків щодо можливого мікросегрегаційного розподілу елементів.

3. В дисертації не приділено достатньої уваги впливу пор та неметалевих включень на зародження втомних тріщин. Хоча наявність яких в ході досліджень підтверджена, їхній вплив не аналізується в кількісному аспекті.

4. Не зовсім чітко сформульовано критерії вибору саме дротів СП15св та ВТ22св серед інших варіантів для наплавлення. Було б доцільно додати порівняльну характеристику альтернативних присадних матеріалів, зокрема більш сучасних, які вже розроблені, наприклад, інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона.

5. У дисертації наведено результати мікротвердості в зоні термічного впливу, проте не представлено аналізу впливу цих значень на залишкову напруженість або локальну зміну механічних характеристик. Було б доцільно коротко обговорити можливі наслідки виявлених перепадів мікротвердості для працездатності конструкції.

6. У деяких місцях дисертації спостерігаються незначні технічні неточності в оформленні — зокрема, не завжди витримано однаковий стиль підписів до рисунків і таблиць, а окремі зображення могли б містити більш повні пояснення умов експерименту. Це не знижує наукової цінності роботи, проте дещо ускладнює сприйняття матеріалу при першому ознайомленні.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

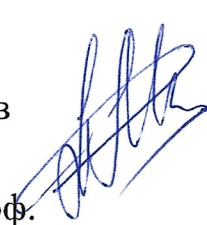
Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Горпенко Артема Олександровича на тему «Вплив дефектів наплавлення на втомну міцність титанового сплаву BT22 з відновленою поверхнею» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для Механічної інженерії. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

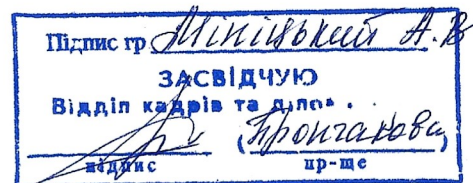
Здобувач Горпенко Артем Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Рецензент:

професор кафедри
високотемпературних матеріалів
та порошкової металургії КПІ
ім. Ігоря Сікорського, д.т.н., проф.



Анатолій МІНЦЬКИЙ



« ____ » _____ 20 ____ року