

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.

Зважаючи на широке використання титанових сплавів у авіаційній, енергетичній та машинобудівній галузях, дослідження механізмів впливу дефектів наплавлення, мікроструктурної неоднорідності та локальних змін мікротвердості на втомну міцність є, безумовно, актуальним як з наукової, так і прикладної точки зору. Зокрема, новизна підходу в роботі, що базується на поєднанні присадних дротів різного хімічного складу з контрольованими режимами локальної термічної обробки, відповідає сучасним напрямкам розвитку технологій ремонту та підвищення ресурсу авіаційних конструкцій.

В умовах зростаючого ресурсу авіаційної техніки питання продовження строку служби зношених деталей набуває особливої практичної значущості. Таким чином, актуальність теми дисертаційної роботи Горпенка Артема Олександровича не викликає сумнівів, оскільки вона спрямована на вирішення важливого науково-технічного завдання — підвищення втомної довговічності конструкційних елементів із титанових сплавів, зокрема сплаву BT22, за рахунок удосконалення технологій відновлювального наплавлення та локальної термічної обробки.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна дисертаційної роботи Горпенка Артема Олександровича полягає у вперше встановлених закономірностях впливу параметрів відновлювального наплавлення та локальної термічної обробки на мікроструктуру, мікротвердість і втомну довговічність титанових сплавів:

1. Встановлено, що при відновленні поверхневого шару титанового сплаву BT22 методом наплавлення з використанням присадних дротів СП15св та BT22св і подальшій локальній термічній обробці у зоні термічного впливу можуть утворюватися мікроструктурно різномірні ділянки з відмінною травимістю, які характеризуються локальними відхиленнями хімічного складу, що визначає формування нерівноважної мікроструктури та зниження мікротвердості (323–335 HV).

2. Встановлено, що контрольований швидкісний СВЧ-нагрів у процесі локальної термічної обробки забезпечує рівномірний розподіл температури та формування однорідної мікроструктури в зоні термічного впливу та наплавленому шарі титанового сплаву BT22. Це сприяє стабілізації мікротвердості, зменшенню залишкових напружень і підвищенню втомної міцності матеріалу, що є критично важливим для деталей, які працюють у умовах циклічних навантажень.

3. Встановлено, що наявність пор діаметром 80-120 мкм у приповерхневій зоні наплавленого шару зі сплаву BT22 є критичним фактором, що ініціює втомне руйнування. Визначено, що втомна міцність відновлених деталей з наявними порами знижується на 45-50% у порівнянні з матеріалом, у якому такі дефекти були відсутні.

Достовірність отриманих результатів підтверджується застосуванням комплексу сучасних методів дослідження, включаючи оптичну та електронну мікроскопію, мікротвердометрію, енергетично-дисперсійний мікроаналіз, а також багатократним повторенням експериментів. Усі результати мають чітке фізичне обґрунтування, узгодженість між структурними змінами та механічними характеристиками, що свідчить про високий рівень виконання дослідження.

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, дисертаційне дослідження Горпенка Артема Олександровича є повністю завершеним і таким, що відповідає поставленим науковим завданням. Здобувач у повному обсязі оволодів методологією наукової роботи та продемонстрував здатність до проведення самостійного, якісного експериментального дослідження. У процесі виконання роботи автором:

- всебічно досліджено характер втомного руйнування зразків сплаву ВТ22 після однакових умов наплавлення та локальної термічної обробки з метою виявлення основних чинників, що визначають їх довговічність;
- проаналізовано мікроструктуру та мікротвердість у різних зонах досліджуваних зразків, встановлено вплив структурної неоднорідності на зародження та розвиток втомних тріщин;
- визначено типові дефекти, що виникають у процесі відновлювального наплавлення і локальної термічної обробки, та обґрунтовано їхній вплив на формування втомних пошкоджень;
- встановлено взаємозв'язок між локальними змінами хімічного складу, фазовим станом та зниженням механічних властивостей у зонах з відмінною травимістю.

Отримані результати підтверджують глибоке розуміння дослідником предмету, володіння сучасними методами дослідження та аналітичного опрацювання, що свідчить про належний рівень його наукової підготовки.

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 «Матеріалознавство».

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. Матеріал подано послідовно, логічно та доступно, із дотриманням норм наукового стилю викладення. Автор коректно формулює наукові положення, широко використовує загальноприйнятну технічну та спеціальну термінологію, демонструючи глибоке володіння фаховою мовою у галузі матеріалознавства.

Структура дисертації відповідає загальноприйнятим вимогам до наукових досліджень, розділи логічно пов'язані між собою, а виклад супроводжується необхідними графічними матеріалами — ілюстраціями, таблицями та літературними посиланнями. Стиль мовлення — виважений, академічний.

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг — 165 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет роботи, розкрито наукову новизну та практичну значущість результатів, наведено дані про апробацію й публікації автора.

У першому розділі виконано огляд літератури щодо властивостей титанових сплавів, технологій їх обробки, впливу типів присадних дротів та дефектів наплавлення на механічні характеристики, зокрема втомну міцність.

У другому розділі представлено матеріали й методики дослідження: хімічний склад, режими наплавлення, термічної обробки, методи випробувань, аналізу структури, твердості й шорсткості.

У третьому розділі висвітлено вплив наплавлення СП15св і локальної термічної обробки на структуру, твердість і втомну міцність, проаналізовано зони неоднорідності як ініціатори тріщин.

У четвертому розділі досліджено ефекти наплавлення ВТ22св та ЛТО на фазові перетворення, пористість і твердість. Показано, що пори критичних розмірів значно знижують довговічність.

У п'ятому розділі узагальнено вплив виявлених дефектів на характер руйнування. Запропоновано метод виявлення зон з відмінною травимістю без застосування травлення — як інструмент контролю якості при відновленні 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 А, квартиль Q1), що свідчить про визнання результатів дослідження у міжнародній науковій спільноті.

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 підрозділі 1.3 класифікація титанових сплавів за фазовим станом викладена у текстовій формі без чіткої структуризації, що ускладнює сприйняття. Варто було б подати цю інформацію у вигляді таблиці.

2. В тексті літературного огляду згадується про α' , α'' , ω – метастабільні фази титану, однак дані про їх кристалічну структуру відсутні.

3. У технічних розділах дисертації часто використовуються скорочення (ЗТВ, ЛТО тощо), які повторно розшифровуються, хоча список скорочень в роботі присутній.

4. У роботі описано наявність зони з поганою травимістю, проте відсутній її структурний аналіз методами дифракційного аналізу, що ускладнює ідентифікацію фазового складу.

5. У тексті вказано, що локальна термічна обробка дозволила знизити рівень залишкових напружень, але не зазначено, як саме це було підтверджено.

6. Для зони наплавлення, яка має характерну хвилясту морфологію, було б доцільно провести X-променевий аналіз для визначення стабільності фази β або утворення вторинних фаз після ЛТО. Чому цей метод не був застосований?

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:

завідувач кафедри фізичного матеріалознавства та термічної обробки НН ІМЗ ім. Є.О. Патона, КПІ імені Ігоря Сікорського, доктор фізико-математичних наук, професор



Мирослав КАРПЕЦЬ



« ____ » _____ 20 ____ року