

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Стасишина Ігоря Вікторовича

«Розроблення трикрокового методу фазозсувної інтерферометрії для контролю рельєфу поверхні елементів конструкцій»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.02.10 - діагностика матеріалів і конструкцій

Актуальність теми дослідження. Відомо низку праць (Ігнатовича С.Р., Карускевича М.В., Закієва І.М, Закієва В.І. та ін.), у яких запропоновано кількісні параметри оцінювання деформаційного рельєфу, серед яких найбільш інформативними є: параметр пошкодження D , який вказує на інтенсивність деформаційного рельєфу; фрактальна розмірність D_p/S , яка описує форму кластерів деформаційного рельєфу; параметри шорсткості. Значну увагу приділено встановленню кореляційного зв'язку між процесом накопичення втомного пошкодження і зазначеними параметрами деформаційного рельєфу. Ці дослідження є передумовою припущення про можливість оцінювання локальної пошкоженості в околі концентраторів напружень, або найбільш навантажених ділянках конструкцій. Параметри деформаційного рельєфу при цьому розглянуто як характеристики матеріалу, які еволюціонують в процесі напруження. Разом з тим, одержані результати стосуються переважно авіаційних сплавів та режимів циклічного деформування близьких до спектру навантаження авіаконструкцій та не враховують вплив середовищ, або технологічних особливостей фізико-термічного оброблення матеріалів.

Діагностування процесів структурної пошкоджуваності в процесі циклічного навантаження на стадії зародження втомної тріщини, оцінювання деградації властивостей матеріалів під час наводнювання дозволить підвищити точність прогнозу пошкоженості низки конструкцій підвищеного ризику.

Практична цінність дисертаційної роботи визначається необхідністю створення надійних методів прогнозування граничного стану конструктивних елементів за параметрами поверхневих рельєфних утворень, з метою реалізації методу оцінювання залишкового ресурсу конструкцій відповідно до принципів «напруження на ресурс», тобто за фактичним станом.

Тому, актуальність розроблення ефективніших методів моніторингу та технічного діагностування стану поверхонь деталей та конструкцій є важливим науковим завданням, а необхідність його вирішення не викликає сумнівів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності до науково-дослідних програм і тематичних планів Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України. Починаючи з 2008 року і включно до 2020 року автор дисертаційної роботи був виконавцем 9 держбюджетних наукових тем, які відповідають напряму дослідження.

Мета роботи полягає у розробленні нового методу моніторингу та аналізу рельєфу поверхонь матеріалів та елементів конструкцій, які працюють в умовах циклічних навантажень та у робочих середовищах.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- розроблено новий метод трикрокової фазозсувної інтерферометрії, що дало змогу в часі, наближеному до реального, відтворювати рельєф поверхні з похибкою, яка не перевищує 5 нм;
- запропоновано новий метод виділення компонентів рельєфу хвилястості та шорсткості за використання об'ємних геометричних параметрів, що забезпечує їх обчислювати на всій ділянці спостереження;
- розвинуто підхід до визначення ймовірного місця зародження втомної макротріщини та розмірів ВЗП за аналізом змін шорсткості поверхні;
- запропоновано нову методику безконтактного контролю топографії поверхонь титанових сплавів після хіміко-термічної обробки;
- розроблено рекомендації для створення портативного оптико-цифрового 3D-профілометра, який може відтворювати рельєф поверхні, розділяти його компоненти, отримувати геометричні параметри на ділянках спостереження різних розмірів.

Практична цінність роботи підтверджена можливістю оцінювання пошкодженістю локальних ділянок елементів конструкцій і визначання зміни їх характеристик під час експлуатаційного напруження. Розроблені методи оцінювання стану поверхонь матеріалів і конструкцій використано на машинобудівному підприємстві ТОВ «Укрспецмаш» під час впровадження нової конструкції ущільнювальних з'єднань теплообмінних трубок та трубної дошки газоохолоджувачів для атомних електростанцій з підвищеною опірністю корозійно-механічному руйнуванню. Також результати дисертаційної роботи було впроваджено у навчальний процес Національного університету «Львівська політехніка», що підтверджено відповідними актами.

Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації і їх достовірність та новизна.

Обґрунтованість наведених в дисертації наукових положень та висновків базується на успішному визначенні перспективних напрямів вирішення сформульованої

проблеми, виборі адекватних моделей досліджень, опрацюванні недоліків та переваг існуючих методів безконтактного контролю топографії поверхонь, комплексним характером експериментів, сучасними математичними методами обробки їх результатів. Достовірність результатів дослідження підтверджується відповідністю сучасним уявленням про природу дефектів, які діагностуються.

Оцінка змісту дисертації.

Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку літератури з 138 найменувань та 2 додатків, в яких наведено допоміжний матеріал та акти впровадження результатів роботи. Загальний обсяг роботи становить 167 сторінок, вона містить 68 рисунків, 4 таблиці.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, вказано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, визначено мету, об'єкт та предмет дослідження, перелічено задачі дослідження та методи дослідження, сформульовано наукову новизну одержаних результатів, практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача та наведено апробацію результатів дисертації та публікації.

У **першому розділі** описано підходи до фазозсувної інтерферометрії для розв'язання проблем технічної діагностики матеріалів, за циклічного деформування, наводнювання, різних видів хіміко-технічної обробки титану. Це дозволило зробити важливий висновок про необхідність розвитку нових діагностичних підходів, тісніше пов'язаних з фізичною будовою матеріалу, урахуванні особливостей поверхневого мікрорельєфу.

У **другому розділі** представлено розроблені методи трикрокової фазозсувної інтерферометрії, спроектовано та виготовлено пристрій для реалізації МТКІ з довільними зсувами опорного променя. Проведено апробацію пропонуваніх методів вимірювань, оцінено їх похибки.

У **третьому розділі** проведено оцінювання деградації поверхні матеріалів під дією циклічних навантажень та у робочих середовищах. Обґрунтовано використання мікрорельєфу поверхні, як індикатора накопичення пошкоджень низки конструкційних матеріалів. Доведено, що моніторинг приросту висотних параметрів поверхневих рельєфних утворень деталі дає змогу прогнозувати її корозійні, втомні та трибологічні властивості та розробляти рекомендації для їх покращення.

У **висновках** сформульовано основні наукові результати дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота є завершеною науковою роботою, за структурою, мовою і стилем написання відповідає вимогам МОН України, які ставляться до кандидатських дисертацій.

Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації, аналіз автореферату.

Основні результати дисертаційної роботи в достатній мірі опубліковано в 25 друкованих працях, зокрема, в 10 статтях у наукових фахових виданнях, з них 8 статей у виданнях, які включено до міжнародної наукометричної бази Scopus, 2 статті у наукових періодичних виданнях інших держав, 13 тез і матеріалів міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій. Основні наукові положення і висновки, які представлені в дисертації та авторефераті, ідентичні між собою. Автореферат повністю відображає актуальність роботи, зміст і суть одержаних наукових результатів, їх практичне значення, детально виокремлює особистий внесок здобувача та демонструє апробацію результатів. Запозичень та плагіату у дисертації немає.

Проте, є низка зауважень по дисертації та автореферату, зокрема:

1. В першому розділі розглянуто технічне діагностування елементів конструкцій за аналізом змін рельєфу їх поверхні. Проте, цей розділ не містить жодних схем, рисунків, обґрунтувань кореляційного зв'язку між параметрами рельєфних утворень та параметрами пошкодженості матеріалів і конструкцій, що дещо знижує його інформативність.
2. На стор. 76 обґрунтовано технічні параметри відтворення ділянки поверхні за допомогою методу трикрокової інтерферометрії з довільними зсувами фази, разом з тим, не зовсім зрозуміло яка база вимірювань є оптимальною для пропонованого підходу ? З яких міркувань її вибирати ? Чи можливе «зшивання» результатів моніторингу кількох послідовно досліджених поверхонь у єдиний файл ?
3. У 2-му розділі дисертації обґрунтовано точність та оцінено похибки вимірювання висоти рельєфних утворень. Проте, не зрозуміло який діапазон висот вимірювання є робочим для пропонованої оптико-цифрової системи та методу обробки зображення? Чи можна, наприклад, використати цей підхід для оцінювання морфології поверхонь руйнування, тобто для фрактодіагностування ?
4. На стор. 103 -106 апробовано підхід до оцінювання місця найімовірнішого зародження втомної тріщини, в околі концентратора напружень. Разом з тим, слід зазначити, що такий підхід буде дієвим лише для тонких зразків. Для товстих зразків або реальних конструкцій, втомна тріщина може зароджуватись в середині фронту концентратора, а її вихід на бічні поверхні може бути вже не зародженням, а початковою стадією поширення.
5. Вибір геометрії мікрорельєфу, як інформативної ознаки стану поверхні є цілком обґрунтованим. Проте для підвищення достовірності оцінювання стану контрольованих поверхонь, або визначення стадійності накопичення пошкоджень потрібно розробити критерії які найточніше описують цю

мікрогеометрію. Відомо, що експерименти, що ґрунтуються на стандартизованих параметричних параметрах шорсткості забезпечують лише усереднені характеристики відхилень поверхні і не завжди забезпечують коректне оцінювання її пошкодженості, а інколи можуть призводити до хибних висновків.

Загальні висновки

Загалом, дисертаційна робота Стасишина Ігоря Вікторовича на тему: *«Розроблення трикрокового методу фазозсувної інтерферометрії для контролю рельєфу поверхні елементів конструкцій»*, яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.10 – діагностика матеріалів і конструкцій, є завершеною науковою працею, в якій вирішено наукову задачу підвищення ефективності методів моніторингу та технічного діагностування стану поверхонь деталей і конструкцій.

Робота відповідає вимогам паспорту вказаної спеціальності, а також чинним вимогам до кандидатських дисертацій, а здобувач заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.02.10 - діагностика матеріалів і конструкцій.

Офіційний опонент:

Проректор з наукової роботи
Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя,
доктор технічних наук, професор



П.О. Марушак

Підпис д.т.н., проф. Марушака П.О. засвідчую
Вчений секретар Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя,



Г.М. Крамар