

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу *Семака Петра Михайловича*

“Оцінювання стану приповерхневих шарів матеріалів за швидкістю хвиль Релея різної частоти”,

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

Актуальність теми дослідження. Незважаючи на малу товщину, приповерхневий шар має визначальний вплив на фізико-механічні властивості полікристалічних матеріалів, зокрема, на пружну стадію деформування, межу пропорційності і межу текучості, на форму кривої статичного деформування, стадійність і параметри деформаційного зміцнення (коефіцієнт деформаційного зміцнення та тривалість окремих стадій), на процеси крихкого і втомного руйнування, повзучості, рекристалізації та ін. Тому актуальною задачею є оцінювання стану поверхневого шару матеріалів.

Поверхневі акустичні хвилі (ПАХ) поширюючись в приповерхневому шарі об'єкту контролю, проникають в глибину на величину еквівалентну кільком довжинам хвиль, що створює можливості їх використання для оцінювання стану поверхонь матеріалів і конструкцій.

Одним з найпоширеніших акустичних параметрів дослідження властивостей металу є швидкість акустичних хвиль, оскільки:

- є достатня кількість методик, що дозволяють визначати її з високою точністю;

- цей параметр є чутливим до зміни стану контрольованого об'єкту.

Разом з тим є певні обмеження, щодо безпосереднього використання величини швидкості ПАХ для діагностування стану металу, оскільки абсолютні значення їх швидкості в металі однієї і тієї ж марки можуть дещо відрізнятися. Перспективнішим є використання величини зміни швидкості під дією певних експлуатаційних або технологічних чинників.

Тому, актуальність розроблення методів оцінювання розподілу акустичних властивостей в приповерхневих шарах металу за глибиною неруйнівними методами 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 п'яти держбюджетних наукових тем, які відповідають напряму дослідження та одного

госпдоговору.

Мета роботи полягає у розробленні методу технічного діагностування стану приповерхневих шарів матеріалу на основі визначення зміни швидкості пружних хвиль різної частоти.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

-обґрунтовано значення товщини шару матеріалу, яку можна оцінити на основі визначення швидкості релеївської хвилі певної частоти. Основою цього аналізу є розподіл енергії релеївської хвилі за глибиною. Запропоновано критерій, згідно якого для хвилі довжиною Λ її швидкість визначається шаром матеріалу товщиною $0,6 \Lambda$;

- проаналізовано ширину допустимого спектру акустичного імпульсу релеївської хвилі і його зв'язок із розділенням по глибині. Доведено, що для високого розділення слід використовувати зондуючі акустичні імпульси з тривалістю більшою на півтора порядки за період високочастотного заповнення сигналу;

- розроблено нову методику визначення швидкості для хвиль різної частоти в діапазоні 1 - 10 МГц, в якій використано імпульси з тривалістю більшою за nT , де T - період високочастотного заповнення імпульсу, ($n > 15$), що забезпечило достатню роздільну здатність по товщині;

- встановлено основні закономірності деградації металу парогону та виявлено локальні ділянки його поверхні, в яких швидкість релеївської хвилі зменшується, а також виявлено залежність цього зменшення від частоти хвилі;

Практична цінність роботи підтверджена можливістю оцінювання пошкодженості локальних ділянок елементів конструкцій і визначання зміни їх характеристик за глибиною. Розроблені методи оцінювання стану металу використано в малому державному підприємстві «Газотермік» (м. Львів) для аналізу результатів абразивно-струменевої обробки за величиною швидкості релеївських хвиль. Методи, що ґрунтуються на визначенні швидкості релеївських хвиль різної частоти впроваджено на підприємстві «Техмал» (м. Львів), для визначення зміни стану приповерхневих шарів металу з метою покращення його міцнісних характеристик, а також оптимізації технологічного режиму за дробоструменевого оброблення, 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 визначення швидкості ПАХ, комплексним

характером експериментів, сучасними математичними методами обробки їх результатів. Адекватність розглянутих в дисертації моделей підтверджено в ряді випадків відповідністю отриманих з їх допомогою результатів для тестових зразків металографічних зображень або за їх порівняння з відомими моделями. Достовірність результатів дослідження підтверджується і їх відповідністю сучасним уявленням про природу дефектів, які діагностуються.

Оцінка змісту дисертації.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 143 найменувань та додатків, в яких наведено допоміжний матеріал та акти впровадження результатів роботи. Загальний обсяг роботи складає 138 сторінок, 52 рисунки.

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** проведено аналіз сучасного стану використання хвиль Релея для діагностики технічного стану поверхневих шарів матеріалів. Докладно розглянуто чинники, що впливають на швидкість поширення акустичних хвиль та методи визначення їх швидкості. Розгорнутий аналіз алгоритмів оцінювання параметрів неоднорідних приповерхневих шарів за товщиною на основі зондування поверхневими хвилями Релея різної частоти дозволив зробити важливий висновок про необхідність розвитку нових діагностичних підходів, тісніше пов'язаних з фізичною будовою матеріалу.

У **другому розділі** представлено розроблені методи визначення швидкості поверхневих акустичних хвиль різної частоти. Розроблено перетворювач для збудження та реєстрації поверхневих релеївських акустичних хвиль, обґрунтовано товщину шару локалізації поверхневої релеївської хвилі.

У **третьому розділі** проведено оцінювання деградації приповерхневих шарів парогонів з допомогою поверхневих акустичних хвиль. Обґрунтовано та апробовано застосування швидкості акустичних хвиль для діагностики стану парогонів, яке співставлено з результатами металографічного аналізу.

У **четвертому розділі** автором дисертації розвинуто підхід до

використання швидкості поверхневих хвиль для оцінювання стану поверхневих шарів металу після абразивно-струменевої обробки.

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 21 науковій праці, з них 7 у фахових виданнях України, 3 з яких цитовані наукометричними базами Web of Science та Scopus, 1 патент на корисну модель, 11 тез доповідей на міжнародних конференціях. 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 використання ПАХ для оцінювання стану матеріалів, що можна розглядати, як лабораторні методи досліджень. Проте виникає питання чи можна метод застосовувати у виробничих умовах, на реальних технологічних об'єктах ?
2. Яка база вимірювань ПАХ є оптимальною для пропонованого підходу ? З яких міркувань її вибирали ?
3. В третьому розділі встановлено взаємозв'язок між швидкістю ПАХ різної частоти із пошкодженістю матеріалу. Проте було б добре описати фізико-механічні передумови такого взаємозв'язку. Крім того, відсутні приклади оцінювання граничних пошкоджень та граничного стану, стадійність їх розвитку, що дещо ускладнює аналіз роботи.
4. На основі металографічних досліджень в ділянках із аномальною величиною швидкості ПАХ проведено якісний аналіз структурних змін притаманних металам, в яких відбулися, зокрема міграція карбідів до меж зерен. Проте бажано оцінити кількісні параметри таких змін.
5. На стор. 98, 99 дисертації зазначено, що під час технологічного оброблення відбувається зміна шорсткості поверхні деталі, хочу зазначити, що під час експлуатації переважно також. На мою думку слід уточнити, чи впливає зміна

шорсткості поверхні на точність діагностування стану матеріалу пропонованим методом.

Загальні висновки

Загалом, дисертаційна робота *Семака Петра Михайловича* на тему: “Оцінювання стану приповерхневих шарів матеріалів за швидкістю хвиль Релея різної частоти”, яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.10.02 – діагностика матеріалів і конструкцій, є завершеною науковою працею, в якій вирішено наукову задачу підвищення ефективності методів технічного діагностування стану приповерхневих шарів матеріалу на основі визначення зміни швидкості пружних хвиль різної частоти.

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. Марушак П.О. засвідчую
Вчений секретар Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя,



М. Крамар