

РЕЦЕНЗІЯ



на дисертаційну роботу *Шуткевича Олексія Петровича*

«Визначення залишкових напружень із застосуванням імпульсу струму високої щільності і лазерної інтерферометрії»

що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань

13 Механічна інженерія за спеціальністю 131 Матеріалознавство.

Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-технічної задачі визначення залишкових напружень із застосуванням для їх релаксації імпульсу струму високої щільності і лазерної інтерферометрії. Залишкові напруження спричиняють суттєвий вплив на працездатність конструкцій. Як значення, так і розподіл напружень, можуть бути критичними для робочих характеристик і повинні враховуватися при розробці виробів і конструкцій. Ця проблема розв'язується дослідженнями в декількох напрямках. Серед них важлива роль належить розробці і широкому впровадженню сучасних методів і засобів визначення залишкових напружень, ефективність яких визначається, перш за все, їх надійністю в роботі і достовірністю отриманих результатів. Незважаючи на значні досягнення в розвитку математичних методів розрахунку і прогнозування залишкових напружень, в багатьох випадках необхідне експериментальне визначення напруженого стану. Дослідження залишкових напружень традиційними експериментальними методами є трудомісткими і потребує виконання великого об'єму вимірювань з використанням спеціального обладнання і приладів.

Дисертаційна робота О.П. Шуткевича спрямована на розширення наукових уявлень щодо визначення залишкових напружень, зокрема із використанням імпульсу струму високої щільності. Її ціль полягає у розробці та вдосконаленні наукових основ цієї технології. З огляду на вищезазначені об'єктивні потреби та відсутність вичерпного дослідження у цій галузі, виконання даної дисертаційної роботи є надзвичайно важливим і актуальним.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Основні результати дисертації є достовірними та обґрунтованими, що підтверджується великим обсягом проведених досліджень. Наукові положення, висновки і рекомендації, що сформульовані у дисертації, відповідають всім вимогам МОН України щодо дисертаційних робіт.

Автором доцільно визначено об'єкт та предмет дослідження, його мету, точно сформульовано завдання дослідження. В роботі виконано ґрунтовний літературний огляд із залученням широкого спектру літературних джерел. Ступінь обґрунтованості наукових положень, сформульованих у дисертаційній роботі, висновків та практичних рекомендацій є достатньо високим.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено використанням у роботі праць визнаних вчених і фахівців у галузі діагностики матеріалів і конструкцій та оптичних методів; застосуванню добре апробованих методів та методик дослідженні та розробці власних. У роботі використано метод отворів для визначення залишкових напружень, методи ширографії та спекл-інтерферометрії, метод чисельного моделювання та аналіз експериментальних результатів.

Достовірність та наукова новизна здобутих результатів

Достовірність наукових положень, висновків і результатів доведено збіжністю результатів аналітично-розрахункових та експериментальних досліджень, використанням в експериментальних дослідженнях сучасних методів і методик, трактуванням одержаних результатів, які не суперечать загальноприйнятим науковим положенням, а також досвідом їх практичного використання. Достовірність одержаних результатів підтверджується їх успішним застосуванням в ході експериментальних досліджень.

До найвагоміших результатів дисертаційної роботи, які відповідають ознакам **наукової новизни**, можна віднести наступне:

1. Розроблено наукові засади методу визначення залишкових зварювальних напружень із застосуванням електропластичного ефекту у поєднанні з методами ширографії та спекл інтерферометрії.

2. Отримало подальший розвиток застосування електропластичного ефекту для локальної релаксації напружень та використання його для визначення залишкових напружень.
3. Розроблено методику розрахунку залишкових напружень на основі даних про деформацію та переміщення в околі місця введення імпульсів струму високої щільності для локальної релаксації напружень.
4. Запропоновано комплексний підхід визначення оптимальних параметрів електродної системи, яка використовується для введення імпульсу струму високої щільності, та налаштувань вимірювальних систем.
5. Розроблено математичну модель впливу широзсуву на розподіл похідної у напруженому матеріалі після введення імпульсу струму високої щільності у напружений матеріал.

Значущість отриманих результатів для науки та практичного використання

Виявлені в роботі особливості та закономірності релаксації напружень під дією імпульсу струму високої щільності дозволили розширити уявлення про процес визначення залишкових напружень і на основі цього надати рекомендації з вибору оптимальних параметрів електродних систем та налаштувань приладів для вимірювання переміщень та деформацій.

Практична цінність роботи полягає у наступному:

1. Вдосконалено спекл-інтерферометричний та ширографічний прилади для вимірювання переміщень та деформацій на ділянці діаметром до 5мм, що дозволило отримувати більш точні результати експериментальних досліджень та зменшити час їх виконання.
2. Розроблено оснащення для фіксації електроду та його позиціонування відносно дослідної деталі з точністю до 0.5мм.
3. Розроблено математичну модель впливу широзсуву на розподіл похідної у напруженому матеріалі після введення ІСВЩ, яка може використовуватись для подальших досліджень.

4. Модернізовано програмне забезпечення для опрацювання спекл-картин та широгам, що дозволило зменшити час опрацювання експериментальних результатів.
5. Отримані результати теоретичних та експериментальних досліджень дозволили розробити технологію неруйнівного визначення ЗН на основі використання ІСВЩ та лазерної інтерферометрії.

Повнота вкладу результатів дисертаційного дослідження та наукових положень в опублікованих працях

За темою дисертації опубліковано 14 робіт, з них 1 стаття у науково періодичних виданнях, що входять до науко метричної бази SCOPUS, 3 статті у фахових виданнях України, 10 публікації у збірниках наукових праць і матеріалах конференцій.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві, зазначена у дисертації.

Апробація роботи: основні наукові положення та результати досліджень доповідалися на 10 науково-технічних конференціях.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 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 № 44 від 12 січня 2022 року.

Структура, оцінка мови, стилю та оформлення

Дисертація Шуткевича О.П. складається із анотації двома мовами, вступу, 3 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 118 сторінок, 43 рисунки, 2 таблиці, список використаних джерел з 136 найменувань.

Автором дисертації усі наукові результати одержано самостійно.

Дисертацію виконано на високому науково-технічному рівні, вона містить достатній обсяг виконаних досліджень та оформлена згідно з вимогами

до змісту і об'єму дисертаційних робіт. Структура кваліфікаційної роботи погоджується з метою та завданнями дослідження.

Дисертаційна робота містить наукові положення, які раніше не були захищені, і нові науково-обґрунтовані результати досліджень та задовольняє паспорт спеціальності 132 «Матеріалознавство», галузь знань 13 «Механічна інженерія».

Текст дисертації написаний українською мовою з використанням загальноприйнятої термінології. Анотація та текст дисертації оформлено згідно вимог діючого «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167.

Академічна доброчесність

Здобувач дотримується вимог академічної доброчесності, дисертація не містить елементів плагіату та запозичень, має посилання на відповідні джерела інформації у випадку використання ідей, результатів та текстів інших авторів. Автор дотримується норм законодавства про авторське право, надає повну та достовірну інформацію про результати наукової діяльності, а також використання методики досліджень.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. В аналітичному огляді дисертаційної роботи є низка некоректних тверджень стосовно механізмів утворення залишкових напружень. Наприклад, фраза «Значні залишкові напруження виникають при наплавленні [3] і ремонті конструкцій [4]». Незрозуміло, про який ремонт йде мова. Або інший приклад «В даний час при розробці і проектуванні конструкцій широке застосування знаходять вузли з різнорідних матеріалів. При пайці таких вузлів основною проблемою є виникнення залишкових напружень і деформацій, обумовлених відмінністю фізико-механічних властивостей матеріалів». Хоча відомо, що при пайці як і при зварюванні плавленням основним механізмом утворення залишкових напружень є нерівномірний розподіл температури, а відмінність властивостей матеріалів це вже другорядний фактор.

2. Також в аналітичному огляді має місце помилкове уявлення, що математичне моделювання застосовується тільки для визначення напруженого стану відносно простих конструкцій, і тому актуальними є експериментальні дослідження розподілів напружень в конструкціях для визначення рівня їх завантаженості. Але на теперішній час при визначенні напружено-деформованого стану, в тому числі залишкового, складних відповідальних конструкцій, які експлуатуються в важких умовах під дією температурних, силових, радіаційних та інших впливів, в 90-95 % випадків використовуються методи математичного моделювання, і тільки в решті випадків проводяться вимірювання в окремих доступних місцях конструкції для валідації результатів моделювання.

3. В розділі, присвяченому огляду експериментальних методів визначення залишкових напружень, нічого не сказано про те як визначається точність методу і стосовно значень відносної похибки вимірювань, яку можна досягнути на практиці за використанням різних методів.

4. Висновок, що розроблена методика неруйнівного контролю визначення залишкових напружень дозволяє проводити дослідження напруженого стану у вузлах і елементах зварних конструкцій не є зовсім коректним, оскільки розглянута методика дозволяє визначати напруження тільки на поверхні вузла і елементу.

5. У випадку визначення залишкових напружень в зварних з'єднаннях традиційно прийнято вказувати повздовжню і поперечну компоненти напружень. Це більш зрозуміло ніж компоненти σ_{xx} і σ_{yy} , як вказано в дисертаційній роботі.

6. На рис. 2.30б, 2.31б, 2.32б не підписана горизонтальна шкала.

7. У третьому розділі описано визначення залишкових напружень на зварних з'єднаннях з алюмінієвих сплавів, але детально не вказано на яких режимах відбувалось зварювання.

8. У підрозділі 1.3 не вказано діапазон щільності струму, а вказано лише в умовних позначеннях та висновках.

9. На рис. 2.1 не вказано напрямки осей координат.

10. Не вказано чи можна даний метод використовувати для інших матеріалів, а не лише для алюмінієвих сплавів.

Висновок по дисертації

Відмічені недоліки та зауваження, які були висловлені щодо окремих аспектів роботи, не впливають на загальний науковий рівень та важливість досліджень, представлених у дисертації. Дисертаційна робота О.П. Шуткевича на тему: «Визначення залишкових напружень із застосуванням імпульсу струму високої щільності і лазерної інтерферометрії» є самостійним та завершеним науковим дослідженням на актуальну тему. Вона має великий потенціал для подальших досліджень, спрямованих на поліпшення технології визначення залишкових напружень використовуючи для їх релаксації імпульси струму високої щільності.

Робота відповідає вимогам пунктів 6, 8 та 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 № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор – **Шуткевич Олексій Петрович** - заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Рецензент:

завідувач відділу № 34

"Математичних методів досліджень фізико-хімічних процесів при зварюванні та спецелектрометалургії"

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України

доктор технічних наук

старший науковий співробітник



Олег МАХНЕНКО

Підпис Олега МАХНЕНКА засвідчую:

Вчений секретар

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України

кандидат технічних наук



Ілля КЛОЧКОВ