

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Устименка Павла Романовича
на тему **«Напружено-деформований стан зварних з'єднань за
електродинамічної обробки»**,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 – Механічна інженерія
за спеціальністю 131 – Прикладна механіка

Актуальність теми дисертації.

Досягнення українських учених в галузі розробки технологій зварювання широко відомі в світі, а підвищення їх ефективності і удосконалення якості отриманих з їх використанням виробів є актуальною проблемою. Одним з важливих аспектів при цьому є забезпечення високих характеристик міцності отримуваних виробів, зокрема зменшення залишкового напружено-деформованого стану, що виникає у зварних конструкціях. Для вирішення цієї проблеми використовуються різноманітні технологічні методи, одним з яких є електродинамічна обробка (ЕДО). При цьому, експериментальне визначення параметрів залишкового напружено-деформованого стану конструкції та проведення її оцінки ефективності застосування ЕДО є досить довготривалою та високовартісною процедурою, а існуючі методи експериментальних досліджень не завжди дозволяють отримати повну картину напружено-деформованого стану. В той же час, використання чисельного моделювання дозволяє не тільки оцінити напружено-деформований стан виходячи з відомих даних про параметри технологічного процесу зварювання, а і дослідити перебіг цього процесу при змінах параметрів технологічного процесу, і, на цій основі, сформулювати рекомендації щодо їх оптимальних значень. Таким чином, створення і апробація методик і процедур чисельного моделювання процесів зварювання із застосуванням ЕДО є актуальною задачею.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

В ході виконання дисертаційного дослідження вперше отримано результати кількісної оцінки впливу ряду факторів на залишковий напружено-деформований стан зварних виробів зі сплаву АМг6, які піддаються ЕДО, зокрема: форми і швидкості ударної взаємодії з виробом електрода-ударника, впливу наявності і мідної підкладки, тривалості контакту на глибину вм'ятин на з'єднанні та величини ефективних пластичних деформацій, температури зварного з'єднання. Проведення перелічених досліджень потребувало

створення і розвитку нових методик дослідження, які, у сукупності з отриманими результатами, складають наукову новизну роботи.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі Динаміки і міцності машин та опору матеріалів КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках ініціативної науково-дослідної теми "Дослідження динаміки, стійкості руху та віброміцності елементів машинобудівних і енерго-машинобудівних конструкцій" (Державний реєстраційний номер: 0116U006244). Здобувач приймав участь у проведенні спільних наукових досліджень в рамках Договору про співпрацю між КПІ ім. Ігоря Сікорського та Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України (№Д0001.01/7000.02/65/2020 від 30.12.2020 року), а саме виконання наукових тем: "Підвищення надійності та довговічності елементів конструкцій авіаційної та космічної техніки на основі розвитку автоматизованих методів лазерної діагностики і технологій електродинамічної обробки та регулювання напружено-деформованих станів зварних з'єднань" (Державний реєстраційний номер: 0117U001182) і "Проведення комплексу досліджень і розробка нових технологій зміцнюючих обробок зварних з'єднань імпульсними електромагнітними полями, оптико-електронних методів їх безконтактної діагностики та перспективних конструкцій перетворюваного об'єму, що адаптовані до умов космічного простору" (Державний реєстраційний номер: 0122U001194) під керівництвом професора кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів д.т.н., проф. Сидоренка Юрія Михайловича.

Отже, поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання з розробки математичного методу визначення напружено-деформованого стану зварних з'єднань, що формується при застосуванні динамічної складової електродинамічної обробки, виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Устименка П.Р. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 131 – Прикладна механіка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Прикладна механіка.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям дослідження новітніх проблем механіки суцільного середовища і механіки машин

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Устименка Павла Романовича 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.

Викладення змісту роботи виконано послідовно і доступно, із використанням загально прийнятої наукової термінології, супроводжується необхідною кількістю фактичного матеріалу, оформленого у вигляді таблиць і ілюстрацій.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку літератури та двох додатків. Загальний обсяг дисертації 207 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, поставлені мета та задачі дослідження, наведені методи дослідження, сформульовані наукова новизна та практична цінність.

У першому розділі на основі огляду літератури за темою дисертації показана актуальність проблеми урахування залишковими напруженнями у зварних з'єднаннях при проектуванні технологічних процесів зварювання, розглянуто існуючі методи керування залишковими напруженнями у зварних з'єднаннях, і визначено перспективність застосування з цією метою електродинамічної обробки. Показано сучасний стан методів математичного моделювання напружено-деформованого стану конструкцій.

Другий розділ присвячено опису методу визначення напружено-деформованого стану модельного стикового зварного з'єднання за дії динамічної складової електродинамічної обробки на основі математичної моделі процесу ударної взаємодії електрода-ударника зі з'єднанням у двовимірній та тривимірній постановках. Для опису властивостей матеріалу в їх ударній взаємодії, прийнято ідеально пружно-пластичну модель. Експериментально визначено механічні характеристики алюмінієвого сплаву АМг6. Проведено оцінку точності розробленого методу визначення НДС модельного стикового зварного з'єднання в умовах її ударної взаємодії з електродом-ударником на швидкостях до 10м/с шляхом порівняння з експериментальними даними динамічної складової електродинамічної обробки ненапруженої модельної пластини з АМг6, в тому числі з урахуванням збіжності скінченно-елементного розв'язку.

В третьому розділі дисертаційної роботи на основі створеного методу представлено математичну оцінку впливу на напружено-деформований стан таких параметрів технологічного процесу електродинамічної обробки як початкова швидкість електрода-ударника, його форма, використання мідної підкладки-посередника, початкових напружень розтягу та температури. При варіюванні зазначених факторів в технологічному процесі отримано нові кількісні показники їх впливу на залишкові напруження.

У четвертому розділі наводиться експериментальна оцінка ефективності застосування електродинамічної обробки стикових зварних з'єднань зі сплавом АМг6 в умовах підвищених температур. Запропоновано методику локального підвищення температури готового зварного з'єднання за допомогою технологічного фену та контролю значення температури інфрачервоним термометром для дослідження електродинамічної обробки при температурі 150°C, встановлено розташування зон підігріву, яке спричиняє більш ефективне регулювання залишкових напружень.

У висновках підведені підсумки отриманих результатів та їх відповідності поставленій меті дослідження.

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 9 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 6 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 3 статті у виданнях, віднесених до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 7 наукових фахових конференціях.

Публікації підготовлені на високому науковому рівні, в повній мірі охоплюють результати дисертаційного дослідження та відповідають вимогам академічної доброчесності, зокрема з точки зору визначення авторського внеску здобувача. видання, де здійснені публікації, відповідають вимогам щодо їх цитованості в науково-метричних базах даних.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. При проведенні огляду методів контролю напружено-деформованого стану (п.1.1, стор.28-31) в окремих випадках спостерігається неточне використання термінів в «руйнуючі» і «не руйнуючі» замість загально вживаного «руйнівні» і «неруйнівні» (зокрема на рис.1.3).

2. Розділ 1.3. присвячений аналізу можливостей застосування методу скінченних елементів до задач визначення напружено-деформованого стану, в тому числі при ЕДС, тому його назва - «Математичні методи аналізу....» - здається надмірно загальною: до математичних методів відносяться також і аналітичні методи.

3. При формуванні моделі матеріалу для урахування впливу швидкості деформування на межу текучості матеріалу використано модель Каупера-Саймондса (2.12), стор.48). При цьому не зазначено, які величини параметрів моделі використано та чи відповідають вони розглядуваним умовам деформування, оскільки в загальному випадку ці коефіцієнти є емпіричними. Це питання є важливим, оскільки однією зі задач дослідження є визначення величини ефективних пластичних деформацій у зварному з'єднанні. Ще одна відома модель, яка для урахує вплив швидкості деформування на межу текучості матеріалу – модель Джонсона-Кука – містить параметр температури, урахування якої може бути важливим процесу зварювання. Для повноти дослідження можливо доцільним було б порівняти результати використання декількох моделей.

4. Результати наведених в роботі експериментальних досліджень (рис. 1.12, крива 1) свідчать, що розподіл нормальних напружень у зварній пластині вздовж перерізу, перпендикулярного до шва, перед проведенням ЕДО не є лінійною функцією. В той же час, оцінка впливу динамічної складової ЕДО на напружено-деформований стан модельного зварного з'єднання в дисертації проводиться із застосування припущення про рівномірний характер розподілу початкових напружень, наприклад у розділі 3.3. Таким чином, з роботи не зрозуміло наскільки використання такого припущення відповідає моделюванню реального фізичного процесу.

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 Устименка Павла Романовича на тему «Напружено-деформований стан зварних з'єднань за електродинамічної обробки» 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 Устименко Павло Романович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Рецензент:

завідувач кафедри динаміки і
міцності машин та опору матеріалів
Навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту
КПІ ім. Ігоря Сікорського,
доктор технічних наук, професор



Сергій ПИСКУНОВ

М.П.

« 22 » листопада 2023 року

