

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Пелешенка Святослава Ігоровича «Фізико-металургійні та термодформаційні процеси при зварюванні тонкостінних конструкцій із алюмінієвих сплавів з використанням лазерного випромінювання», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 – «Прикладна механіка»

Актуальність теми дисертації. Дисертаційна робота, що подана до захисту, в умовах війни та економічних проблем, що існують в Україні та світі, присвячена вирішенню актуальної проблеми – підвищенню ефективності управління формуванням зварювальних швів при з'єднанні деталей для авіа- та космічної техніки з високоміцних алюмінієвих та берилієвих сплавів. Також контролю геометричних параметрів та фізико-механічних властивостей деталей при зварюванні та відповідно підвищення якості та забезпечення герметичності з'єднань відповідальних деталей. Для вирішення цієї проблеми автор пропонує застосовувати високопродуктивний, гнучкий, з високим рівнем відтворюваності, процес лазерного та лазерно-плазмового зварювання. Розроблені технологічні принципи його побудови, методи розрахунку та отримані дослідні зразки. Розвинуті уявлення про механізми нагрівання та зварювання, встановлені взаємозв'язки між головними технологічними параметрами процесу з'єднання та визначений їх вплив на формування заданої мікрогеометрії поверхонь деталей та фізико-механічні властивості з'єднань.

Обґрунтованість наукових положень та їх достовірність. Наукові положення та результати, які викладені у дисертаційній роботі обґрунтовані та підтверджені автором низкою виконаних теоретичних та експериментальних досліджень із застосуванням сучасних методів і лабораторного обладнання, спрямованих на підвищення ефективності використання лазерного та лазерно-плазмового зварювання для покращення якості з'єднань відповідальних деталей.

Одержані результати досліджень пройшли лабораторне опробування та рекомендовані для використання у промисловості України.

Наукова новизна та значення результатів роботи для науки і практики. Наукова та практична цінність отриманих у роботі Пелешенка Святослава Ігоровича результатів полягає у тому, що: вперше показано визначальний вплив плазмового нагріву на підвищення продуктивності лазерного зварювання та глибини проплавлення зразків з алюмінієвих та берилієвих сплавів на 40...75%. При цьому визначено, що застосування супутньої дії дугового джерела енергії для підігріву зварювальної ванни є достатньо ефективним і універсальним шляхом усунення дефектів, характерних для лазерного зварювання. Це також дозволяє частково замінити лазерну енергію плазмовою, що сприяє зменшенню вартості погонного метру зварного шву.

Також вперше встановлено, що для збільшення ефективності процесу зварювання відстань між центром анодної області стиснутої дуги електрода, що не плавиться, і віссю лазерного випромінювання не повинна перевищувати 1,0 мм.

Не менш важливим результатом, наведеним у роботі, є методологія розрахункового визначення параметрів режиму лазерного зварювання тонкостінних (товщиною до 2-3 мм) виробів із високоміцних легких металів та сплавів з похибкою в межах 15...20%.

Рекомендації щодо використання результатів. Одержані результати можуть бути використані для розробки технологічних процесів лазерного та лазерно-плазмового зварювання у стратегічних галузях промисловості, а також для створення технологічної бази даних для керованого формування параметрів зварювальних швів з високоміцних тонкостінних алюмінієвих та берилієвих сплавів для тих чи інших умов експлуатації деталей.

Дотримання принципів академічної доброчесності. Результати аналізу роботи, в тому числі, за допомогою перевірки тексту дисертації з використанням системи виявлення текстових збігів, свідчать про відповідність дисертації принципам академічної доброчесності.

Повнота опублікованих результатів дисертації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 33 наукові праці, у тому числі 12 статей у наукових фахових виданнях (з них 2 статті у іноземних періодичних виданнях (Scopus, WoS) та 1 така, що індексується міжнародними наукометричними базами даних, 5 - у рекомендованих фахових виданнях України) та 13 тез доповідей в збірниках матеріалів міжнародних конференцій. Вказані публікації повністю відображають основний зміст дисертації, об'єм та характер проведених теоретичних та практичних досліджень.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення та результати досліджень доповідалися на міжнародних наукових конференціях: “Application and Innovation of Modern Welding Technology”, 2021, October 20-21, Hangzhou, China., the 6th International scientific and practical conference – Results of modern scientific research and development (August 22-24, 2021) Barca Academy Publishing, Madrid, Spain, “Modern directions of scientific research development” (September 1-3, 2021) BoScience Publisher, Chicago, USA та інших. Також за матеріалами дисертації подано 8 патентів.

Оцінка змісту роботи, її завершеність. Представлена дисертаційна робота Пелешенка С.І. за своїм змістом повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 131 – Прикладна механіка та предметній області, що визначена освітньо-науковою програмою підготовки докторів філософії з Прикладної механіки.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, наведені результати та висновки свідчать про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям дослідження новітніх проблем механіки суцільного середовища, аналізу й оптимізації конструкцій та технологій виробництва машин.

Виконана Пелешенком С.І. дисертаційна робота у повній мірі відповідає вимогам Стандарту вищої освіти зі спеціальності 131 – Прикладна механіка. Представлена кваліфікаційна робота є виконаним автором самостійно завершеним науковим дослідженням, а її результати і висновки свідчать про значний особистий внесок дисертанта у розв'язання сучасних задач механіки суцільного середовища, оптимізації конструкцій машин та технологій їх виробництва.

Після аналізу представленого звіту подібності та перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння можна стверджувати, що кваліфікаційна робота Пелешенка С.І. є результатом його власних наукових досліджень. У роботі відсутні ознаки фальсифікації, фабрикації, плагіату, компіляції, запозичень або несанкціонованого використання здобувачем результатів інших авторів. Використані дисертантом ідеї, результати та тексти інших авторів чітко відзначені відповідними посиланнями.

Мова та стиль викладення результатів. Дисертаційна робота С.І. Пелешенка викладена українською мовою. Суть дисертаційної роботи подана послідовно, зрозуміло та стисло. Автор використав загальноприйнятну технічну термінологію, що сприяє повному розумінню представлених результатів досліджень.

Подані у дисертації результати досліджень систематично розподілені на окремі розділи, що дозволяє іншим ученим чітко розуміти послідовність кроків у виконанні досліджень. Представлений графічний матеріал, що включає власні фотографії, графіки та скріншоти, повністю відображає результати експериментальних, аналітичних і розрахункових досліджень.

Дисертаційна робота Пелешенко С.І. складається: з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 146 найменувань, додатків; містить 221 сторінку машинописного тексту, 77 рисунків та 26 таблиць.

У **вступі** до дисертаційної роботи висвітлена актуальність теми, сформульована мета та основні положення, які подаються на захист, обґрунтовані наукова новизна та практична цінність роботи, надана інформація про апробацію результатів і публікації за темою роботи.

Перший розділ містить аналіз сучасного стану питання, що вивчається, визначення мети та формулювання задач дослідження. У розділі наведені результати аналізу особливостей зварювання легких сплавів на основі алюмінію і берилію із використанням сучасних зварювальних технологій. Розглянуто особливості використання лазерного випромінювання для зварювання тонкостінних конструкцій із легких сплавів, в тому числі актуальні проблеми при зварюванні тонкостінних

конструкцій із легких сплавів, зокрема з неповним проплавленням. На основі проведеного аналізу визначені мета та завдання досліджень

Другий розділ присвячено опису технологічного обладнання, методів виконання експериментальних досліджень та розробці методики розрахунків залишкових напружень, що виникають у результаті зварювання.

Наведено методику визначення мікрогеометрії, структури та фізико-механічних властивостей зварювальних швів високоміцних алюмінієвих та берилієвих сплавів в умовах наближених до реальних.

У третьому розділі наведені результати розрахунків базових параметрів, наведені результати моделювання з'єднання легких сплавів лазерним зварюванням та лазерно-мікроплазмовим зварюванням, описана методика вибору параметрів режимів зварювання тонкостінних виробів з легких сплавів із ненаскрізним проплавленням із застосуванням лазерного випромінювання, приведені результати експериментальної перевірки використаної методики вибору режимів зварювання та результати металографічних досліджень отриманих зварних з'єднань, а також аналіз характерних дефектів та шляхів їх усунення.

У розділі наведені результати математичного прогнозування параметрів зварювання берилію та його сплавів за допомогою лазерного випромінювання із перевірки отриманих результатів за літературними даними.

У четвертому розділі наведено результати структурних та фізико-механічних досліджень а також досліджень твердості та мікротвердості, наведені результати розрахункового визначення параметрів залишкового напружено-деформованого стану отриманих лазерним та лазерно-мікроплазмовим зварюванням з'єднань із високоміцного алюмінієвого сплаву.

Наведені результати розробки комбінованого розрахунково-експериментального методу визначення залишкових деформацій та напружень у зварному виробі за режимами зварювання із застосуванням методу кореляції стереоскопічних цифрових зображень). Розроблений спосіб передбачає розбивку зварюваної конструкції на просторові примітиви із їх аналізом по мірі виконання зварювання. Встановлено, що величини залишкових напружень стиску у площині торців зварного виробу знаходяться в межах 50-60 МПа. При цьому в зоні шва напруження розтягу можуть доходити до 200 МПа, а в ЗТВ змінюватися від 70 до 150 МПа.

У п'ятому розділі наведено результати робіт із практичної реалізації розроблених технологій, створене обладнання для отримання і неруйнівного контролю високоточних тонкостінних зварних виробів з алюмінієвих сплавів космічного призначення. У розділі наводяться результати конструювання зварювальних головок і обладнання. До складу технологічного комплексу увійшов стенд для визначення компонент напружено-деформованого стану готового виробу після зварювання.

У розділі розроблено технологічний процес герметизації високоточних тонкостінних виробів космічної галузі з легких сплавів лазерним зварюванням. Для реалізації даного технологічного процесу розроблений дослідно-промисловий комплекс обладнання, яке включає герметичну зварювальну камеру з системами кріплення, переміщення та зварювання заготовки, зварювальне джерело живлення з плазмовим модулем, систему управління, вакуумування, газопідготовки та очищення відпрацьованих газів, а також рукавичну камеру для ручного збирання деталей виробу під зварювання.

Загальні висновки щодо дисертації. Дисертація Пелешенко С.І. є актуальною, завершеною комплексною науково-дослідною роботою, яка містить нові результати, які є науковими та практичними досягненнями. Дослідження виконувались із застосуванням ефективних методів та сучасного обладнання при проведенні статистичного та математичного аналізу та вивчення змін структури, структурно-фазового складу, фізико-механічних властивостей досліджуваних матеріалів. Приведені в роботі висновки, пропозиції та рекомендації безумовно мають наукову та практичну цінність. Матеріали дисертації відображені у достатній кількості фахових та міжнародних наукових виданнях, тезах доповідей.

Зауваження до роботи:

1. В розділі 1 наведено список «основних проблем», що виникають при лазерних, дугових та гібридних способах зварювання, проте наведені нижче основні задачі досліджень не цілком відповідають вирішенню вказаних проблем.

2. Наявна певна декларативність деяких висновків про те, що «одним з достатньо ефективних і універсальних шляхів усунення дефектів, характерних для лазерного зварювання алюмінієвих сплавів, є застосування супутньої дії дугового джерела енергії адже в роботі відсутнє порівняння з іншими методами обробки (електронно-променеве, індукційне та інше).

3. При аналізі розділу 2.1 не зрозуміло чому автор називає структуру або послідовність проведення досліджень (вибір матеріалів, моделювання, проведення експериментів і т.д.) «методикою проведення досліджень»?

4. В роботі відсутнє обґрунтування вибору досліджуваних матеріалів (розділ 2.2).

5. У розділі 3.1 наведено параметр для розрахунків « $A(T)$ – частка теплового потоку, яка поглинається поверхнею» проте не наводяться його значення, разом з тим у висновках по розділу сказано, що «частка поглиненого лазерного випромінювання стрибкоподібно зростає від ~20% для берилію та до двох і більше разів для алюмінію». Звідки впливають такі дані?

6. В роботі зустрічаються деякі помилки, наприклад, недостатня інформативність рисунків, оскільки не всі необхідні параметри вказані (рис. 3.11 - 3.15 та інші), допущені окремі описки та неточності.

7. У розділі 5 вказано, що розроблений технологічний процес стосується «зварювання високоточних виробів космічної галузі з легких сплавів», проте наведені дані про зварювання лише деталі тіла обертання, при цьому не зрозуміло чи можна використовувати результати роботи для зварювання плоских виробів?

8. В роботі відсутній перелік умовних позначень, скорочень і аббревіатур.

Заключення. Дисертація Пелешенка С.І. за рівнем теоретичних і експериментальних досліджень є завершеною роботою, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні і практичні результати, що у сукупності вирішують важливу науково-прикладну задачу управління процесом лазерного та лазерно-плазмового зварювання з метою покращення якості зварювальних швів виробів і відповідає галузі знань 13 – «Механічна інженерія» і спеціальності 131 – «Прикладна механіка».

Дисертаційна робота за своїми актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною у повній мірі відповідає вимогам чинного законодавства України, які сформульовані в п.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», який затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. за № 44.

Здобувач Пелешенко Святослав Ігорович повною мірою заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Офіційний опонент,
провідний науковий співробітник
Фізико-технологічного інституту
металів і сплавів НАН України, с.н.с., к.т.н.



Олександр ШАТРАВА



Опонент Олександра ШАТРАВИ "ЗАСВІДЧУЮ"
секретар ФТІМС НАН України, к.т.н



Володимир ЛАХНЕНКО

«03» червня 2024 р.