

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Царика Богдана Романовича
на тему «**Механічні властивості і напружено-деформований стан зварних з'єднань із алюмінієвих сплавів, виконаних зварюванням тертям з перемішуванням**»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 – Механічна інженерія, за спеціальністю 132 –
Матеріалознавство.

1. Актуальність теми роботи

Представлена робота присвячена вирішенню задачі визначення механічних властивостей, напружено-деформованого стану зварних з'єднань виконаних зварюванням тертям з перемішуванням. Це відноситься до важливого завдання матеріалознавства та механічної інженерії, оскільки визначення залишкових напружень і деформацій зварних з'єднань є необхідним етапом оцінки міцності та точності виготовлення зварних конструкцій. Особливо, коли йде мова про зварювання в твердій фазі, а саме, зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП), процес, який за останній час стає розповсюдженим для виготовлення зварних конструкцій, в першу чергу із легких сплавів. Існує багато поглядів на те, яку саме математичну модель використовувати при розрахунковому визначенні розподілів температури нагріву та залишкових напружень і деформацій при ЗТП. Також є важливим аспектом, де не має одностайної однозначності, які чинники процесу ЗТП варто вважати найбільший впливовими на точність математичної моделі визначення НДС зварних з'єднань при ЗТП, а якими можна знехтувати для спрощення моделі і економії розрахункових ресурсів. Саме тому дисертаційну роботу Царика Б.Р., присвячену дослідженню механічних властивостей і напружено-деформованого стану зварних з'єднань із алюмінієвих сплавів, виконаних зварюванням тертям з перемішуванням, варто вважати актуальною і важливою для сучасного зварювального виробництва та промисловості.

2. Основні наукові положення, результати, висновки та рекомендації, їхня новизна, ступінь обґрунтованості і достовірності.

Наукова новизна та її обґрунтованість.

Основні наукові положення новизни, отримані в дисертаційній роботі наступні:

1. Визначені основні фактори, які впливають на точність розрахункового визначення залишкових напружень і деформацій при ЗТП. Результатами розрахункових і експериментальних досліджень доведено, що ефект знеміцнення матеріалу алюмінієвого сплаву 2219-T81 внаслідок впливу термічного циклу зварювання суттєво впливає на розподіл залишкових напружень. Не врахування знеміцнення матеріалу призводить до суттєвого збільшення (більш ніж на 30%) розрахункових максимальних повздовжніх

залишкових напружень.

2. Отримані за допомогою розробленої математичної моделі розрахункові результати при зварюванні пластин товщиною 8 мм зі сплаву АМг6 і 2219-T81 показали, що при ЗТП алюмінієвих сплавів утворюються досить високі залишкові напруження, до межі текучості матеріалу у відпаленому стані, а залишкові деформації можуть мати нижчий рівень, ніж при традиційних дугових способах зварювання. А саме, поздовжня компонента залишкових пластичних деформацій при ЗТП за величиною в 1,5-2 рази нижче і розподілена в більш вузькій зоні, ніж при дуговому зварюванні. Поперечна компонента залишкових пластичних деформацій при ЗТП за величиною також в 2-3 рази нижче, ніж при дуговому зварюванні.

Таким чином, сформульовані автором найбільш вагомі наукові положення можна однозначно вважати за нові. Всі приведені положення наукової новизни достатньо вагомо обґрунтовані представленими результатами розрахунків і їх аналізу у розділах 3, 4.

Обґрунтованість наукових положень, висновків заснована на знанні необхідних сучасних літературних відомостей, результатів близьких до теми дисертації досліджень, їх критичному аналізі, виборі адекватних до мети і поставлених задач методів виконання розрахунків і моделювання фізичних процесів.

Достовірність. Ступінь достовірності результатів ґрунтується на застосуванні моделей, які більш комплексно охоплюють вплив вагомих чинників на розрахункові характеристики зварних виробів, оцінка яких відповідає меті роботи.

Оцінка змісту роботи, її оформлення та дотримання принципів академічної доброчесності. Робота містить достатньо великий обсяг результатів розрахункових досліджень і аналізу одержаних даних. До складу роботи з загальним об'ємом 148 стор. входять перелік умовних скорочень і позначень фізичних величин, вступ, чотири розділи, які містять 110 рисунки і 13 таблиць, загальні висновки, перелік використаних джерел із 49 найменувань. Загалом, за змістом і оформлення рукопису відповідає вимогам Стандарту вищої освіти зі спеціальності 132 – Матеріалознавство та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Матеріалознавство.

Згідно звіту подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи Царика Богдана Романовича на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота є результатом самостійних оригінальних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані результати, висновки і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою, всі інформаційні

матеріали і результати досліджень викладені в логічній послідовності, форма викладення доступна для спеціалістів за даною тематикою, використана термінологія відповідає загальноприйнятій в галузі механіки суцільного середовища і матеріалознавства, а також технологій зварювального виробництва.

У першому розділі робота містить результати проведеного аналітичного огляду стану проблеми математичного моделювання визначення температурних полів і формування зварних з'єднань при зварюванні тертям з перемішуванням. Був зроблений огляд різних математичних моделей та визначення основних їх особливостей та параметрів для отримання напружено-деформованого стану при ЗТП алюмінієвих сплавів, а також проаналізовано експериментальні данні вимірювання залишкових напружень і деформацій.

У другому розділі описано технологію зварювання тертям з перемішуванням дослідних зразків з алюмінієвого сплаву 2219-T81, визначення механічних і теплофізичних властивостей матеріалу та отримання результатів вимірювання залишкових напружень зварного з'єднання з алюмінієвого сплаву 2219-T81.

У третьому розділі була розроблена математична модель визначення зварювальних напружень і деформацій в з'єднаннях, виконаних ЗТП, на основі методу термопластичності. Зроблено порівняння результатів математичного моделювання залишкового напружено-деформованого стану з'єднань з алюмінієвого сплаву АМг6 при ЗТП з дуговими процесами зварювання. В загальну модель термопластичного деформування додано модель знеміцнення матеріалу - алюмінієвого сплаву при зварювальному нагріві, що суттєво впливає на визначення залишкових напружень і деформацій. Отримано результати математичного моделювання залишкового напружено-деформованого стану з'єднань з алюмінієвого сплаву 2219-T81, виконаних ЗТП.

У четвертому розділі розроблена методологія моделювання зварних залишкових напружень і деформацій великогабаритних циліндричних ємностей. Отримана математична модель прогнозування залишкових зварювальних напружень і деформацій за методом функції усадки. Виконано дослідження можливості отримання параметрів функції усадки та розподілів залишкових напружень для зварних з'єднань великогабаритної циліндричної оболонки на спрощених моделях обмеженого розміру методами термопластичності. Проведено верифікацію і валідацію математичної моделі визначення зварювальних деформацій для великогабаритних циліндричних ємностей із алюмінієвого сплаву при застосуванні ЗТП. Зроблено порівняння результатів математичного моделювання загальних деформацій великогабаритних циліндричних ємностей із алюмінієвого сплаву при використанні ЗТП і дугового зварювання.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи. Отримані результати опубліковані у 8 роботах, включаючи 4 статей у спеціалізованих наукових журналах та 4 робіт в збірниках доповідей міжнародних наукових конференцій; 1 з опублікованих робіт внесена до наукометричної бази SCOPUS.

В списку публікацій здобувача на тему дисертації є посилання на всі зазначені вище праці. В тексті дисертації робились відповідні посилання. У більшості публікацій особистим внеском автора зазначені проведення чисельних розрахунків та аналіз результатів. Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

3. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Пункти наукової новизни роботи доцільно переписати з урахуванням загально прийнятих вимог, так щоб вони мали декларативний характер. Також їх доцільно починати зі слів: вперше, запропоновано, виявлено, розширено уявлення, розроблено ті ін.

2. В деяких розділах при прочитанні роботи втрачається причинно наслідковий зв'язок та присутні різкі переходи між різними дослідженнями.

3. Оформлення роботи має мати один стилістичний підхід, відступи до та після рисунку (наприклад Рис. 1.25, 1.27, 1.28), нумерація формул по центру рядка і тому подібне.

4. В розділі 2 приведені дослідження зразків сплаву 2219 товщиною 6 і 10 мм, в подальшому для порівняння зі сплавом АМгб товщиною 8 мм, це потрібно узгодити чи додатково пояснити.

5. В роботі доцільно більш чітко показати різницю в розрахунку функції усадки для ЗТП та традиційних дугових способах зварювання.

6. На рис. 2.12 показана форма протоколу випробувань на одновісне розтягнення. Вказані розрахункові характеристики «Істинні деформації пластичної течії», «Істинний модуль Юнга», «Істинна умовна границя текучості», «Істинна границя пропорційності», як ці параметри визначались і де вони використовувались?

4. Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Царика Богдана Романовича на тему «Механічні властивості і напружено-деформований стан зварних з'єднань із алюмінієвих сплавів, виконаних зварюванням тертям з перемішуванням» 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 промисловості України. 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 Царик Богдан Романович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

Рецензент

Старший науковий співробітник
відділу №3 «Міцність зварних
конструкцій»

Інституту електрозварювання
ім. Є.О. Патона НАН України
к.т.н., с.д.



Святослав МОТРУНІЧ

Підпис к.т.н., с.д. С. Мотруніча

Засвідчую

Вчений секретар

Інституту електрозварювання
ім. Є.О. Патона НАН України
к.т.н., с.д.



Ілля КЛОЧКОВ