

ВИСНОВОК

Про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційної роботи **Царика Богдана Романовича** за темою «Залишкові напруження та деформації зварних з'єднань і конструкцій із алюмінієвих сплавів при зварюванні тертям з перемішуванням», поданої на здобуття наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство

Дисертаційна робота присвячена виконанню актуального науково-практичного завдання – визначення залишкових напружень і деформацій зварних з'єднань і конструкцій із алюмінієвих сплавів при зварюванні тертям з перемішуванням.

Актуальність 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, жорсткості, та збирання зварних конструкцій. Особливо, коли йде мова про без дугове зварювання, а саме зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП). ЗТП є хоч і розповсюдженим видом зварювання, але і відносно новим. Тому існує багато поглядів на те, яку саме математичну модель використовувати при розрахунковому визначенні зварювального нагріву та залишкових напружень і деформацій. Також є важливим аспектом, де не має одностайної однозначності, які чинники варто вважати першочерговими і найбільший впливовими на точність математичної моделі визначення НДС зварних з'єднань при ЗТП, а якими можна знехтувати для спрощення моделі і економії розрахункових ресурсів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Результати дисертаційної роботи пов'язані з такими науковими програмами:

- Відомча, відомче замовлення НАН України. Наукова робота 1.6.2.34.5 (34/5) «Розробка нового покоління математичних моделей, розрахункових алгоритмів і комп'ютерних програм для експертного аналізу напружено-деформованого стану, міцності та роботоздатності великогабаритних зварних конструкцій об'єктів енергетики, авіакосмічної техніки та транспорту» (2019-2021 рр.)
- Наукові і науково-технічні (експериментальні) роботи за пріоритетним напрямом. Наукова робота 1.6.34.37 (34/37) «Розрахунок параметрів напружено-деформованого стану конструктивних елементів ракетно-космічної техніки у вигляді циліндричних оболонок складної геометрії та неоднорідної структури за статичних і динамічних навантажень. Розрахунок кінетики температурного, структурного, напружено-деформованого стану при зварюванні оболонкових конструкцій ракетно-космічної техніки» (2023-2024 рр.)

Наукова новизни отриманих результатів:

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.

Практичне значення одержаних результатів:

Вдосконалена методика і математична модель розрахункового визначення залишкових напружень і деформацій при ЗТП алюмінієвих сплавів, а саме:

- розроблена математична модель, основними особливостями якої являються тепловиділення від тертя робочого інструменту відносно матеріалу з'єднання, специфічні для ЗТП умови жорсткого закріплення елементів з'єднання, послідовне простеження за часом термодформаційних процесів в матеріалі з'єднання від початку нагріву до повного охолодження;
- розроблено програмне забезпечення, яке може ефективно використовуватися для оперативного розрахункового визначення залишкових напружень та деформацій в зоні зварних з'єднань, виконаних ЗТП, з метою оцінки міцності зварних з'єднань при експлуатації або прогнозування загальних зварювальних деформацій великогабаритних конструкцій з великою кількістю зварних з'єднань.
- проведено порівняння результатів математичного моделювання зварювальних деформацій великогабаритної циліндричної ємності (діаметр 3200 мм, загальна довжина 12 000 мм, товщина стінки 10 мм) із алюмінієвого сплаву 2219-T81 при використанні процесу ЗТП і більш традиційного дугового зварювання показало, що використання ЗТП при монтажному зварюванні великогабаритної циліндричної ємності із алюмінієвого сплаву дозволяє значно (в 2-3 рази) знизити рівень залишкових деформацій.

Особистий вклад здобувача.

В роботах, опублікованих в співавторстві, дисертанту належить участь у постановці задач, розробці математичних моделей та тестуванні розрахункових алгоритмів, аналізі отриманих результатів та формуванні висновків.

Повнота викладення результатів роботи в наукових виданнях.

За темою дисертації зроблено 8 публікацій, з них 4 статей у фахових наукових журналах, що включені в реєстр фахових видань України та 4 тез докладів на міжнародних наукових конференціях. 1 друкована праця здобувача входить в наукометричну базу «Scopus».

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Царик Б.Р., Мужиченко О.Ф., Махненко О.В. (2022). Розробка математичної моделі визначення залишкових напружень і деформацій при зварюванні тертям з перемішуванням алюмінієвого сплаву. ж. Автоматичне зварювання. №9, с.37 / 44. Режим доступу:<https://doi.org/10.37434/as2022.09.07>. (Публікація в українському виданні категорії Б).

2. Махненко О. В., Міленін О. С., Павловський В. І., Савицький В.В., Царик Б. Р. (2024). Залишкові напружень при зварюванні тертям з перемішуванням пластин з термозміцненого алюмінієвого сплаву 2219-T81, ж. Технічна діагностика і неруйнівний контроль. №3, с. 17-23. Режим доступу: <https://doi.org/10.37434/tdnk2024.03.03> (Публікація в українському виданні категорії Б).

3. Царик Б.Р., Махненко О.В. (2024). Математичне моделювання загальних деформацій при зварюванні великогабаритних ємностей з алюмінієвого сплаву. ж. Автоматичне зварювання, № 4, с. 47-54. Режим доступу: <https://doi.org/10.37434/as2024.04.06>. (Публікація в українському виданні категорії Б).

4. Царик Б.Р., Міленін О. С., Павловський В.І., Махненко О.В. (2024). Залишкові напруження в зварних з'єднаннях, виконаних зварюванням тертям з перемішуванням. ж. Проблеми міцності, №5, с. 133-143. Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s11223-024-00710-z>. (Публікація в українському виданні наукометрична база даних Scopus ISSN. Q4)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

5. Tsaryk B. Development of a mathematical model for prediction residual stresses and strains at FSW. Conference proceedings «Young professional international conference on welding and related technologies». (Kyiv, 26 October 2021) Kyiv 2021, p.31.

6. Царик Б.Р., Павловський В.І., Махненко О.В. Залишкові напруження в зварних з'єднаннях, що виконані зварюванням тертям з перемішуванням. Матеріали міжн. конф. Інноваційні технології та інжиніринг у зварюванні PolyWeld – 2023, (Київ 23-24 листопада 2023 р.) Київ 2023 с.18-20.

7. Махненко О.В., Царик Б.Р. Врахування розміцнення матеріалу при розрахунковому визначенні залишкових напружень при зварюванні алюмінієвого сплаву 2219-T81. Матеріали XIV міжн. наук.-практ. конф. «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем», (Чернігів 23-24 травня 2024 р.) 2024 року, м. Чернігів, том 2, стор.110-111.

8. Махненко О.В., Царик Б.Р. Розрахункове прогнозування залишкових деформацій при зварюванні великогабаритних ємностей з алюмінієвого сплаву. Матеріали І-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Прикладна механіка». (Тернопіль 6-7 червня 2024) м. Тернопіль 2024, с. 141-144.

ВИСНОВОК

Виходячи з аналізу вищенаведених робіт, можна зробити висновок про успішне виконання встановлених вимог щодо необхідної кількості наукових публікацій перед представленням дисертаційної роботи Царика Б.Р. до захисту, а також про достатню повноту висвітлення наукових і практичних результатів в опублікованих працях.

Розглянута дисертаційна робота інженера І категорії відділу математичних методів фізико-хімічних процесів при зварюванні і спецелектрометалургії ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України Царика Богдана Романовича за темою «Залишкові напруження та деформації зварних з'єднань і конструкцій із алюмінієвих сплавів при зварюванні тертям з перемішуванням», є завершеною науково-дослідницькою роботою, яка за своєю актуальністю, науковою новизною, важливістю отриманих результатів, висновків та рекомендацій, їх практичною цінністю відповідає вимогам, встановленим до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

Затвердити наступний висновок щодо дисертаційної роботи Царика Б. Р. за темою «Залишкові напруження та деформації зварних з'єднань і конструкцій із алюмінієвих сплавів при зварюванні тертям з перемішуванням»:

Голова семінару
академік НАН України
д.т.н., професор

Секретар семінару
чл.-кор. НАН України
д.т.н., професор

Леонід ЛОБАНОВ

Віталій КНИШ

Учений секретар Інституту
електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ
к.т.н. І.М. Клочков