

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗВАРНОГО ШВА ЯК МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація. Пропонується метод скінченних елементів для моделювання електродинамічного впливу на зварний шов з ціллю визначення залишкових напружень при покращенні напруженого стану шва за рахунок обробки.

Ключові слова: метод скінченних елементів, зварний шов, електродинамічна обробка, залишкові напруження, ударна взаємодія.

Abstract. The finite element method is proposed for modeling the electrodynamic effect on the weld in order to determine the residual stresses while improving the stress state of the weld due to processing.

Keywords: finite element method, weld, electrodynamic treatment, residual stresses, shock interaction.

Сучасне технологічне виробництво не можливо представити без зварних з'єднань. В той же час використання зварювання має деякі недоліки, один з яких створення залишкових напружень від термічного впливу, які негативно впливають на міцність з'єднань при циклічних навантаженнях [1]. При цьому є спектр методів регулювання залишкового напруженого стану на основі термічного, механічного або електричного впливу. Одним з сучасних та перспективних методів є електродинамічна обробка [2]. Її принцип заснований на одночасному електричному та механічному впливах на зварний шов. Електрична складова реалізується за рахунок імпульсного пропускання електричного струму великої щільності під час удару електродом-ударником по зварному шву. Механічна складова виражається в процесі удару з початковою швидкістю електрода-ударника 5...10 м/с. Схема електродинамічної обробки пластини зі зварним швом наведена на рис. 1.

Зі схеми видно, що при живленні індуктора 1 створюється магнітне поле, яке розганяє диск з електродом-індентором в напрямку зразка 4 зі зварним з'єднанням, що обробляється. Зразок 4 фіксується на робочому столі 5 навантаженням q . В такому випадку зручно створити еквівалентну розрахункову модель у вигляді вказаному на рис. 2, яка за рахунок умов симетрії може розглядатися у спрощеному вигляді.

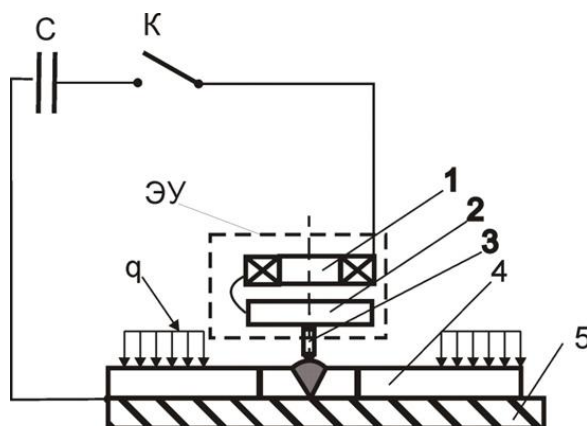


Рис. 1. Схема електродинамічної обробки пластин: 1 – індуктор; 2 – диск 3 – Рухомий електрод-індентор; 4 – зразок, що обробляється; 5 – робочий стіл; q – навантаження, що фіксує зразок, С – конденсатор; К - ключ

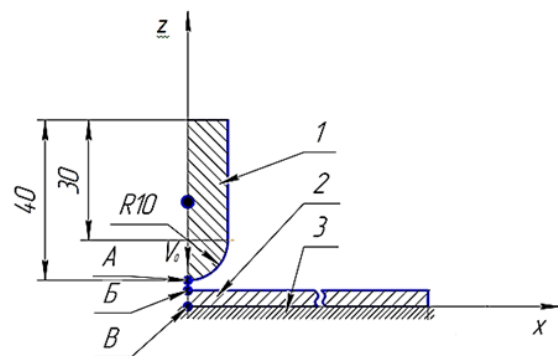


Рис. 2. Схема електродинамічної обробки пластин: 1 – електрод-індентор; 2 – пластина зі зварним з'єднанням, що обробляється; 3 – абсолютно жорстка поверхня, що відповідає робочому столу.

При цьому найбільшу цікавість під час дослідження представляють точки А, Б та В (рис. 2), де А – точка на кінці півсфери електрода-індентора; Б – точка на лицевій поверхні місця обробки пластини; В – точка на тильній поверхні по вертикальній лінії удару електрода-ударника.

Для дослідження залишкового напруженого стану до та після обробки використовують експериментальні [3] та чисельні [4] методи дослідження напружено-деформованого стану (НДС). При експериментальному спекл-інтерферометричному методі можна визначати залишкові напруження лише на поверхні, тобто у точках Б та В та в їх околі.

При порівнянні двох методів можна виділити особливості, які притаманні розрахунковому методу:

- можливість моделювання будь-якої геометрії;
- доступність обладнання для симулювання;
- низька собівартість використання ПК відносно до дослідного обладнання;
- відсутність необхідності руйнувати весь зразок або його поверхню для знаходження напружень;
- можливість визначення НДС в будь-якій точці конструкції, що досліджується.

При цьому залишається питання точності та швидкості отриманого результату чисельним методом. Для відповіді на ці питання необхідно розглядати їх разом, бо збільшення кількості елементів призводить до збільшення точності та часу розв'язання. В той же час отримані результати для калібрування створеної моделі необхідно порівнювати з результатами отриманими на основі проведених експериментальних досліджень. Після цього створена модель може використовуватися на виробництві для прогнозування обробки відповідальних конструкцій з алюмінієвих сплавів [5] та сталей [6] у суднобудуванні, космічному машинобудуванні, ракетній техніці.

Використання скінченно-елементного моделювання є дуже перспективним методом для визначення внутрішніх залишкових напружень до та після електродинамічної обробки (ЕДО) та їх порівняння. Цей метод є корисним для дослідження ЕДО, бо у разі досить точного калібрування моделі з'являється можливість прогнозувати вплив ЕДО на зварне з'єднання змінюючи параметри відповідно до нових умов застосування технології.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Касаткин Б. С. Напряжения и деформации при сварке / Б. С. Касаткин, В. М. Прохоренко, И. М. Чертов. – К. : Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 246 с.
2. Лобанов Л.М. Применение электроимпульсной обработки элементов конструкций с целью повышения их ресурса (Обзор) / Л. М. Лобанов, Н. А. Пашин, В. П. Логинов, Ю. В. Логинова // Автоматическая сварка. – 2005. - №11. С. 26-30.
3. Лобанов Л.М. Методика определения остаточных напряжений в сварных соединениях и элементах конструкций с использованием электронной спекл-интерферометрии / Л. М. Лобанов, В. А. Пивторак, В. В. Савицкий, Г. И. Ткачук // Автоматическая сварка. – 2006. – №1. – С. 25-30.
4. Lobanov L. M. Effect of the Indenting Electrode Impact on the Stress-Strain State of an AMg6 Alloy on Electrodynamics Treatment / L. M. Lobanov, M. O. Pashchyn, O. L. Mykholdui, Y. M. Sydorenko // Strength of Materials. – 2017. – vol. 49. - №3. – pp. 369-380.
5. Лобанов Л. М. Эффективность электродинамической обработки сварных соединений сплава АМг6 различной толщины / Л. М. Лобанов, Н. А. Пашин, О. Л. Миходуй // Автоматическая сварка. – 2012. - № 3. С. 12-16.
6. Лобанов Л. М. Влияние электродинамической обработки на напряженно-деформированное состояние теплоустойчивых сталей / Л.М. Лобанов, Н. А. Пашин, В. Ю. Скульский, В. П. Логинов // Автоматическая сварка. – 2006. - № 5. С. 11-15.

Устименко Павло Романович – аспірант, асистент кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, email: upasha19966@gmail.com.

Науковий керівник: **Сидоренко Юрій Михайлович** – доктор технічних наук, доцент кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ.

Ustymenko Pavlo – Ph. D student, assistant, Department of Dynamics and Strength of Machines and Resistance of Materials, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, email: upasha19966@gmail.com.

Supervisor: **Yuriy Sydorenko** - Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Department of Dynamics and Strength of Machines and Resistance of Materials, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv.