

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ЗМЕНШЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Ковалевський С. В., Савченко С. С., Костюков І. А.

В публикации представлены результаты создания и исследования нового метода поличастотной вибрационной обработки сварных конструкций. Показано на примере сварной конструкции базовых деталей узлов, что они подвергаются неизбежному короблению в последствии возникновения остаточных напряжений, которые могут иметь разнообразный характер распределения как в отдельных частях сварной конструкции, так и непосредственно в сварном шве. Представлена методика экспериментальных исследований, что предполагает фиксацию амплитудно-частотных характеристик акустического спектра свободных колебаний отдельных участков сварной конструкции. Показаны этапы проведения замеров и обработки полученных результатов, что свидетельствует об эффективности поличастотного воздействия на элементы конструкции для уменьшения пиковых значений остаточных напряжений. Результаты экспериментальных исследований подтверждают необходимость вибрационной обработки сварной конструкции путем воздействия на каждый элемент вибрацией на резонансных частотах соответственно к каждому элементу. Обоснована экономическая эффективность применения принципов к проектированию комплекса, с использованием новейшего механосборочного оборудования, рассмотрены меры по технике безопасности на механосборочном участке.

Ключевые слова: остаточное напряжение, коробление, сварная конструкция, акустический контроль.

В публікації надані результати створення та дослідження нового методу полічастотної вібраційної обробки зварних конструкцій. Показано на прикладі зварної конструкції базових деталей вузлів, що вони піддаються неминучому коробленню в наслідку виникнення залишкових напружень, які можуть мати різноманітний характер розподілу як в окремих частинах зварної конструкції, так і безпосередньо в зварному шві. Представлено методику експериментальних досліджень, що передбачає фіксацію амплітудно-частотних характеристик акустичного спектру вільних коливань окремих ділянок зварної конструкції. Показано етапи проведення замірів та подальшої обробки отриманих результатів, що свідчить про ефективність полічастотного впливу на елементи конструкції для зменшення пікових значень залишкових напружень. Результати експериментальних досліджень підтверджують необхідність вібраційної обробки зварної конструкції шляхом впливу на кожний елемент вібрацією на резонансних частотах відповідно до кожного елементу. Обґрунтована економічна ефективність застосування принципів до проектування комплексу, з використанням новітнього механоскладального обладнання, розглянуті заходи по техніці безпеки на механоскладальній ділянці.

Ключові слова: залишкові напруження, короблення, зварна конструкція, акустичний контроль.

The publication presents the results of the creation and research of a new method of frequency vibration field treatment of welded structures. It is shown by the example of the welded structure of the basic parts of the nodes that they undergo inevitable warping in the aftermath of residual stresses, which can have a diverse nature of distribution, both in individual parts of the welded structure and directly in the weld. The technique of experimental studies is presented, which involves fixing the amplitude-frequency characteristics of the acoustic spectrum of free oscillations of individual sections of the welded structure. The stages of measurements and processing of the obtained results are shown, which indicates the efficiency of the field of frequency impact on the structural elements to reduce the peak values of residual stresses. The results of experimental studies confirm the need for vibration treatment of the welded structure by acting on each element by vibration at resonant frequencies, respectively, to each element. The economic efficiency of the application of the principles to the design of the complex, using the latest mechanical Assembly equipment, considered safety measures on the mechanical section.

Keywords: residual stresses, warping, welded construction, acoustic control.

Ковалевский С. В.

д-р техн. наук, проф., зав. каф. ТМ ДГМА
kovalevskii@ddma.donetsk.ua

Савченко С. С.

студент каф. ТМ ДГМА

Костюков И. А.

студент каф. ОиТСП ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.59.09

Ковалевський С. В., Савченко С. С., Костюков І. А.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ЗМЕНШЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Як відомо, основною причиною змін в зварному з'єднанні, з чого витікають також зміни геометричних розмірів, є наявність залишкових напружень, які неминуче виникають в процесі зварювання [1, 2, 3, 4]. На рис. 1 показано принцип створення напружень: до зварювання положення та розміри пластин не змінюються, однак під дією зварювання можна спостерігати отримання викривлень вздовж зварного шва, які мають негативний вплив на кінцевий результат зварювання конструкцій рис. 1.

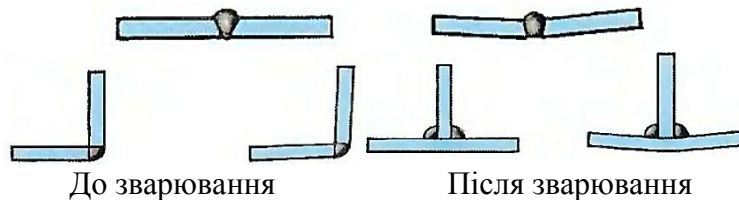


Рис. 1. Зразок пластин до зварювання та після зварювання

Формування залишкових напружень в зварних частинах конструкціях може здійснюватися згідно схеми, що наведена на рис. 2.

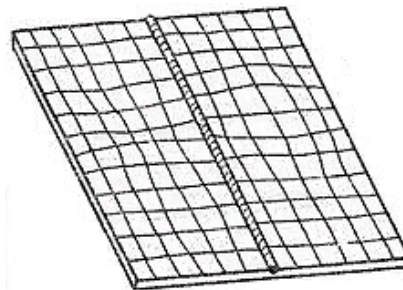


Рис. 2. Вплив залишкових напружень зварюваних частин на геометричні параметри

Еюра розподілу залишкових напружень в цих частинах, масою m_1 , m_2 , m_3 відповідно, може бути представлена як на рис. 3, де, виходячи з умови рівноваги напружень σ , відбувається складний характер їх зміни вздовж напрямку l_i .

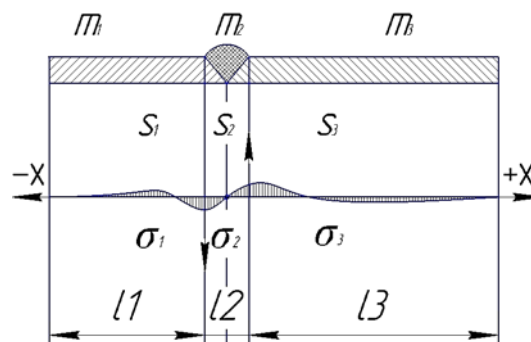


Рис. 3. Залишкові поздовжні напруги в поперечних перерізах зварного з'єднання

$$\int_0^{l_1} \sigma_1(x) dx = \int_0^{l_3} \sigma_3(x) dx = \int_{-l_{21}}^{+l_{22}} \sigma_3(x) dx = 0; \quad (1)$$

$$S_1 = \int_0^{l_1} |\sigma_1(x)| dx; \quad (2)$$

$$S_3 = \int_0^{l_3} |\sigma_3(x)| dx; \quad (3)$$

$$S_2 = \int_{-l_{21}}^{+l_{22}} |\sigma_2(x)| dx; \quad (4)$$

$$S_1 \neq S_2 \neq S_3; \quad (5)$$

$$\sigma_{1max} \neq \sigma_{2max} \neq \sigma_{3max}; \quad (6)$$

$$l_1 + l_{22} = l_2; \quad (7)$$

$$f_{1p} = k_1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{m_1}\right)}; \quad (8)$$

$$f_{2p} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_2}{m_2}\right)}; \quad (9)$$

$$f_{3p} = k_3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_3}{m_3}\right)}. \quad (10)$$

Для зменшення залишкових напружень пропонується використання полічастотного методу вібростабілізаційної обробки на відміну від термічної обробки [5]. Традиційна вібраційна обробка напруженої конструкції дає змогу зменшити залишкові напруження в середньому до 35 %, що, в порівнянні з термічною обробкою, зменшує залишкові напруження на 25–30 %, хоча цей показник й менше, але більш вигідний з урахуванням витрат часу й енергії [6, 7].

Метою роботи є дослідження та створення нового методу полічастотної вібраційної обробки для зменшення залишкових напружень в зварних конструкціях.

Експериментальне дослідження передбачає дослідження акустичних спектрів вільних коливань експериментальних зразків та встановлення значення резонансних частот кожної частини зразка. З урахуванням залежностей відзначати частоти вимушених технологічних вібраційних коливань для зменшення залишкових напруг за умовою одночасного впливу цими вібраціями з частотами f_{1p} , f_{2p} , f_{3p} .

Методика проведення експерименту

1. Підготувати зразки для проведення експериментального дослідження.
2. Використовуючи генератор звукових сигналів с АЧХ типу «білий шум» та п'єзо випромінювачів, які збуджують власними коливаннями елементи зразка (рис. 4).
3. Зафіксувати АЧХ власних коливань елементів зразка за допомогою датчика, який складається з п'єзо елемента та низькочастотного підсилювача [4, 5].
4. Зафіксувати АЧХ не збудженого зразка (п.3).

5. З оцифрованих АЧХ збуджуючого елементу зразка виявити оцифрованих АЧХ не збудженого зразка з метою знаходження АЧХ власних коливань елементів зразків, виключивши вплив використовуваних засобів.

6. Визначаємо максимальні значення амплітуд АЧХ елементів резонансних частот елементів зразка.

7. Провести одночасну обробку елементів 1 та 3 (рис. 3) зразка та їх власних резонансних частот, використовуючи два генератора синусоїдальних сигналів, які відповідають резонансним частотам (рис. 5).

8. Зафіксувати зсув максимальних резонансних частот (рис. 6, а).

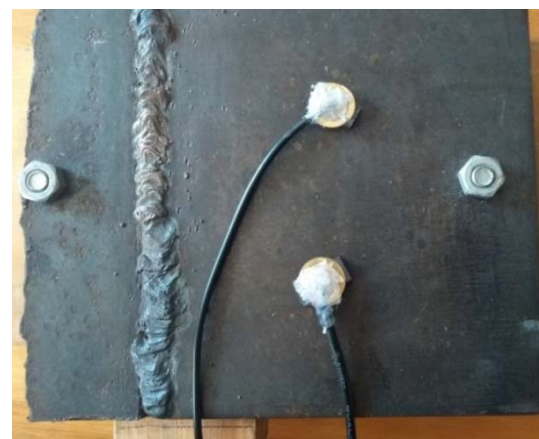
9. Визначити залишкові напруження σ_1 та σ_3 на основі залежностей (11) та (12) відповідно (рис. 6, б).

$$\Delta\sigma_1^3 = \left(1 - \frac{f_{1pH}^2}{f_{1pH}^2}\right) \cdot 100\% \quad (11)$$

$$\Delta\sigma_3 = \left(1 - \frac{f_{3pH}^2}{f_{3pH}^2}\right) \cdot 100\% . \quad (12)$$



а) першої пластини



б) другої пластини

Рис. 4. Фіксація власних коливань пластин за допомогою випромінювача «білого шуму» та приймача

Випромінювач
 f_{1p}



Випромінювач
 f_{3p}

Рис. 5. Обработка пластин двома джерелами резонансних коливань

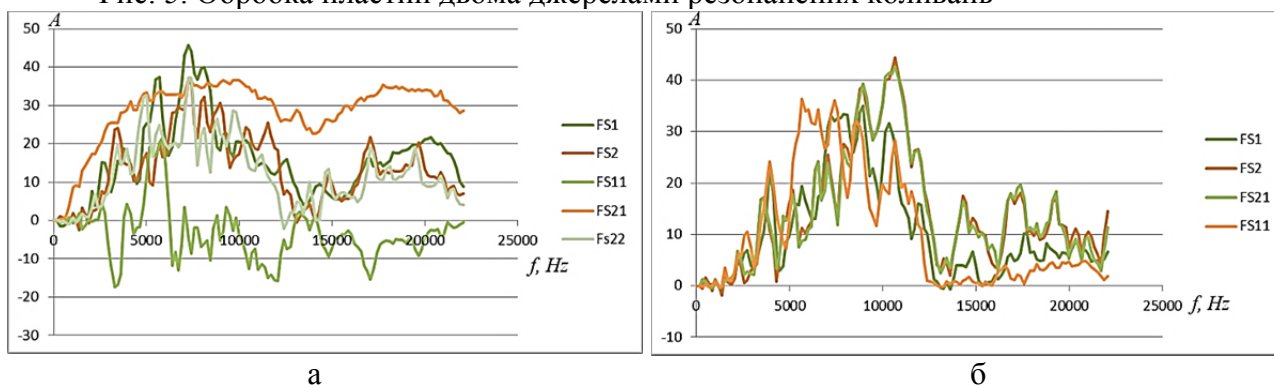


Рис. 6. АЧХ контрольованих зварних конструкцій двох пластин:

а – після проведення вібраційної обробки; б – до проведення вібраційної обробки

З аналізу даних АЧХ до та після обробки вібраціями на резонансних частотах та результатів, отриманих формулами (11) та (12), маємо те, що $\Delta\sigma$ та $\Delta\sigma_z$ на експериментальних зразках складає 22–25 % та 48–51 % відповідно.

ВИСНОВКИ

Експериментально підтверджено, що зварні конструкції володіють різними резонансними частотами зварних елементів. Тому їх вібраційну обробку з метою зменшення загальних залишкових напружень треба проводити, використовуючи декілька (на кожний елемент конструкції) вібраторів, які можна налаштовувати в резонанс з власними резонансними частотами елементів зварних конструкцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мрыка Е. Устранение остаточных напряжений с помощью нагружения и вибрации / Е. Мрыка // *Современные проблемы сварки и специальной электрометаллургии : сб. науч. статей.* – К. : Наукова думка, 1980. – С. 65–84.
2. Сутырин Г. В. Снижение остаточных напряжений сварных соединений низкочастотной вибрационной обработкой / Г. В. Сутырин // *Сварочное производство.* – 1983. – № 2. – С. 22–24.
3. Грузд А. А. Исследование деформации сварных конструкций во времени и изыскание способов их учета и стабилизации / А. А. Грузд. – К. : 1973. – 193 с.
4. Махненко В. И. Перераспределение остановочных напряжений в сварных балках при вибрационной обработке / В. И. Махненко, Н. И. Пивторак // *Автоматическая сварка.* – 1978. – № 9. – С. 28–31.
5. Применение метода вибростабилизации при изготовлении сварных деталей металлорежущих станков / В. И. Алилуев, Г. П. Демьяненко, Г. И. Лащенко и др. // *Технология производства, научная организация труда и управления.* – 1977. – № 11. – С. 5–9.
6. Янус Ю. Р. Исследование влияния вибрационного воздействия на релаксацию остаточных напряжений, структуру и свойства конструкционных сталей и алюминиевых сплавов / Ю. Р. Янус // *Автореферат диссерт. на соиск. ученой степени / Ю. Р. Янус.* – С., 1988. – 21 с.
7. Теоретическое и экспериментальное изучение возможности применения вибрационной обработки для уменьшения уровня остаточных напряжений в сварных конструкциях / Денщикова А. Ю., Семенов В. М., Подлесный С. В. // *Прогрессивные технологии и системы машиностроения : международный сборник научных трудов.* – Донецк, 2005. – Выпуск 29. – С. 66–71.