

ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ АЕ

С.А. Недосека, М.А. Яременко, М.А. Овсієнко, В.В. Долиненко, О.М. Гур'янов

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: inpat59@ukr.net

У статті розглянуто підходи до оцінки якості як самого процесу зварювання, так і дефектності, що при цьому виникає. Показано перспективи використання методу акустичної емісії (АЕ) для контролю процесу зварювання та оцінки стану зварних з'єднань. Проаналізовано результати попередніх досліджень АЕ під час проведення випробувань металевих зразків на статичний розтяг до повного руйнування та під час процесу зварювання з використанням системи технічної діагностики ЕМА. Показано високу чутливість методу АЕ до виникнення та розвитку дефектів. Визначено перспективні завдання розвитку контролю зварних з'єднань із застосуванням сучасних АЕ систем, автоматизації процесу контролю та прийняття рішень щодо якості виконання зварювання та визначення дефектності зварних з'єднань. Бібліогр. 19, табл. 1, рис. 2.

Ключові слова: зварювання, якість, дефектність, неруйнівний контроль, акустична емісія, залишкові напруження

Вступ. Широке застосування процесу зварювання в різних галузях промисловості обумовлено високим ступенем його механізації, роботизації, автоматизації і, як наслідок, високою продуктивністю та низькою собівартістю. Незважаючи на суттєве вдосконалення зварювальних технологій [1], проблема запобігання появі дефектів і руйнуванню зварних з'єднань залишається актуальною. Оскільки ресурси для вдосконалення класичних методів оцінювання дефектності зварних з'єднань небезмежні, створення автоматизованих систем моніторингу процесу зварювання для виявлення дефектів безпосередньо в процесі зварювання дозволить вийти за рамки існуючих обмежень неруйнівного контролю цього технологічного процесу.

Найхарактернішим для промисловості, насамперед важкого машинобудування та залізничного транспорту, є дугове зварювання (ДЗ) [2]. Основна увага при автоматизованому та роботизованому зварюванні приділяється контролю формування наступних дефектів: пористість, підрізи, включення, надмірна асиметрія кутових швів, непровари, надмірні бризки та несплавлення [3, 4]. Контактне точкове зварювання (КТЗ) широко використовують в автомобільній промисловості. Для КТЗ найкритичнішими є такі дефекти: повний або частковий непровар через неякісні електроди, тріщини внаслідок завищеного струму або неякісно зачищені поверхні деталей, розриви при зварюванні внапуск через близькість зварної точки до краю деталі, внутрішній виплеск внаслідок надвеликого струму або надто довгого електричного імпульсу, зовнішній виплеск внаслідок недостатнього стискання деталей, вм'я-

тини від електрода на поверхні виробів, зміщення ядра, тріщини зовнішні та внутрішні [5, 6].

Для контролю якості технологічних процесів, зокрема й для оцінювання якості ДЗ та КТЗ, оцінювання стану технічних об'єктів у процесі експлуатації активно використовуються методи НК. Приблизні оцінки різним методам НК щодо виявлення дефектів у виробках із різних матеріалів і різного призначення такі: радіаційний – 3, акустичний – 5, вихрострумний – 3, магнітний – 3, капілярний – 4, тепловий – 3, оптичний – 0, радіохвильовий – 0 (де 5 – відмінно, 4 – добре, 3 – задовільно, 0 – незадовільно) [7].

Якість зварного з'єднання та його дефектність не є тотожними, хоча й можуть бути пов'язані між собою. Наприклад, зварний шов, виконаний технологічно бездоганно, без внутрішніх або поверхневих дефектів, може бути при цьому неякісним через відхилення від запланованої траєкторії руху дуги. І, навпаки, шов з певними дефектами може влаштувати, і виріб з ним може бути використаний, якщо наявні дефекти не вплинули суттєво на показники міцності шва та виробу в цілому. Тому, ставлячи завдання неруйнівного контролю зварного шва, треба чітко розуміти, які показники треба отримувати й про що саме вони свідчитимуть. Контроль зварного шва (з'єднання) після проведення зварювання є простішим у виконанні, але автоматизований контроль безпосередньо в процесі зварювання можна вважати ефективнішим. Розглянемо детальніше застосування методу АЕ з цією метою.

Метод та засоби АЕ. Як відомо, акустична емісія (АЕ) – це явище генерації хвиль напружень,

Недосека С.А. – <https://orcid.org/0000-0002-3239-381X>, Яременко М.А. – <https://orcid.org/0000-0001-9973-4482>, Овсієнко М.А. – <https://orcid.org/0000-0002-2202-827X>, Долиненко В.В. – <https://orcid.org/0000-0002-8001-1337>, Гур'янов О.М. – <https://orcid.org/0000-0001-9566-1706>

© С.А. Недосека, М.А. Яременко, М.А. Овсієнко, В.В. Долиненко, О.М. Гур'янов, 2025

викликаних раптовою перебудовою в структурі металу [8, 9]. Незважаючи на те, що теоретичні підходи щодо застосування АЕ для контролю та моніторингу процесів зварювання ще до кінця не сформовані, численні прикладні дослідження ДЗ [10] дозволяють запропонувати гіпотезу про зв'язок характеру АЕ з формуванням у зварному з'єднанні таких дефектів або недоліків технологічного процесу, як: пористість, недостатнє проплавлення, паразитні включення, підрізи, гарячі тріщини, непровари, надмірне розбризкування металу електрода та ін. При виконанні КТЗ застосування АЕ контролю дозволить виявляти такі дефекти, як: повний або частковий непровар, тріщини, розриви, внутрішній або зовнішній виплеск, вм'ятини від електрода, зміщення литого ядра та ін.

При використанні методу АЕ електричні сигнали формуються спеціальними високочутливими широкосмуговими датчиками, призначеними для перетворення хвиль напружень, які генерують як сам процес зварювання, так і дефекти, що виникають при ньому. Потім вони підсилюються, реєструються мікропроцесорною апаратурою та піддаються подальшій обробці та інтерпретації. Спеціально розроблені датчики, з урахуванням зміни температури під час зварювання, встановлюють безпосередньо в зоні шва або максимально близько до неї.

На даний час спостерігається інтенсивний розвиток методу та засобів АЕ, що пов'язано з появою недорогих швидкодіючих мікропроцесорів та радіокомпонентів, які мають апертурний час порядку наносекунд. Це дозволяє виконувати складну апаратну обробку імпульсних сигналів АЕ та визначати наступні параметри сигналу: координати джерела імпульсу (x, y, z); час наростання імпульсу; амплітуда піку імпульсу; енергія імпульсу; тривалість імпульсу; кількість періодів несучої частоти в імпульсі; поріг фіксації імпульсу; час фіксації імпульсу; частота формування імпульсів. Далі з обсягу параметрів імпульсів АЕ можна отримати ймовірнісну модель (можливо, й за допомогою штучного інтелекту), яка передбачатиме формування дефектів у зварному з'єднанні.

Метою даного дослідження є створення АСУ процесом зварювання з використанням АЕ апаратури з відповідним математичним і програмним забезпеченням, а також із аналізом характеристик процесу зварювання, що дозволить отримувати важливу інформацію щодо характеру виконання технологічної операції та надавати об'єктивну оцінку якості отриманого зварного з'єднання. Об'єктом контролю в такій постанов-

ці задачі виступає не сам виріб, що зварюється, а процес зварювання та його результати.

Виклад основного матеріалу. Успішне застосування для контролю якості зварних швів у режимі реального часу системи АЕ з автоматизованою системою прийняття рішень і використанням алгоритму машинного навчання, до якої надходять дані АЕ і параметри зварювання, а задіяні алгоритми послідовності тегів і логістичної регресії досягають точності прогнозування 91,18 і 82,35 % відповідно порівняно з металографічним аналізом, наведено в [11].

Ефективність застосування методу АЕ для контролю вже виконаних зварних з'єднань показують результати проведених авторами досліджень АЕ при руйнуванні зварних зразків [12] і під час процесу зварювання [13] з використанням АЕ систем ЕМА, у яких реалізовано алгоритми прогнозу руйнівного навантаження та залишкового ресурсу. Показано високу чутливість методу АЕ до виникнення та розвитку дефектів. При випробуваннях у процесі зварювання зареєстровано значну кількість подій АЕ з високими амплітудами. Система АЕ зареєструвала незначні пошкодження типу дислокаційних зсувів або подібні до них. Це означає, що значніші дефекти також можуть бути зафіксовані, але потрібно розробити та застосувати фільтри й додаткові методи обробки для відбраковування отриманих сигналів АЕ за певними критеріями, виділяючи з них ті події, які відповідають наявності дійсно небезпечних дефектів. Це вимагає додаткових досліджень. Показниками, які могли б використовуватися для контролю дефектності при виконанні зварювання, можуть слугувати: амплітуда сигналів, кількість імпульсів, частотний спектр, температура фазових перетворень (динаміка зміни температури пришовної зони), час, за який зникає акустична активність після завершення зварювання, тощо.

Проведені експериментальні дослідження АЕ при руйнуванні зразків після виконання різних типів зварювання та проведення АЕ контролю процесу зварювання на статичний розтяг показали наступне.

За наявності у випробуваних зразках зварного з'єднання воно й є основним джерелом АЕ. Кількість подій АЕ у зразках зі зварним з'єднанням, як правило, перевищує кількість подій АЕ у суцільних зразках. Процес руйнування зварних зразків характеризується більш рівномірною за часом активністю АЕ для зразків з найбільшим об'ємом матеріалу зварного з'єднання і менш рівномірною – для зразків з найменшим об'ємом матеріалу зварного з'єднання. Найбільшим об'ємом матеріалу зварного з'єднання відповідають максимальні кількість і амплітуди подій АЕ. Для зразків зі зварними з'єднаннями характерна більша різноманітність одер-

жуваної картини часового розподілу АЕ, амплітудних та інших характеристик, ніж для зразків без зварювання, що свідчить про вплив якості зварного з'єднання на кількість внесених ним у матеріал пошкоджень. Активність АЕ залежить від рівня пошкодженості матеріалу, спричиненої зварюванням. Прогноз руйнівного навантаження для більшості зразків дав задовільні показники. Для зразків, що під час випробувань піддаються позацентровому розтягу, прогноз руйнування дав дещо завищені показники руйнівного навантаження. Це слід враховувати при випробуваннях конструкцій, де наявний такий спосіб навантаження зварного з'єднання. Параметром, який може слугувати характеристикою пошкодження металу зварного з'єднання, є сума подій АЕ. Кут перегину кривої суми подій АЕ дозволяє відрізнити випробування суцільного металу від металу зі зварним з'єднанням. Наявність можливості оцінити об'єм задіяного під час зварювання металу може підвищити достовірність використання даної характеристики. На рис. 1 показано графіки АЕ випробувань зразків зі сталі 17ГС без зварного з'єднання (а) та за його наявності (б). Лініями 1 побудовано стовпчастий графік амплітуд подій АЕ (А, мВ), 2 – лінійний графік навантаження на зразок (Р, кг), 3 – точковий графік параметру «Райс тайм» (R, мкс), який характеризує час наростання сигналу до максимуму, 4 – лінійний графік сумарного числа подій АЕ (N, безрозмірний). На осі абсцис позначено час від початку випробування.

Чітко видно, що крива деформування Р, крива суми подій N та розподіл амплітуд А у часі суттєво відрізняються для суцільного зразка та зразка зі зварним з'єднанням. Це типово для випробувань усіх зразків, що підтверджує чутливість методу АЕ до характеру виникнення та розвитку дефектів за різних умов.

Слід звернути увагу на таке явище як виникнення залишкових напружень [13] внаслідок зварювання. Отримані розрахунковим шляхом графіки

залишкових напружень у пластині при КТЗ для матеріалу з модулем пружності 210000 МПа та коефіцієнтом поперечної деформації 0,3 при наступних початкових даних: товщина пластини $h = 1$ см, відстань від поверхні $z_0 = 1$ мм, наведено на рис. 2 [14].

Задані параметри є характерними для деяких високоміцних сталей, наприклад, 15Х2ГМФ та 15Х2НМФА, границя плинності яких дорівнює або перевищує 600 МПа. Як видно з графіку, напруження в зоні незначного радіусу, наближеній до центру зварної точки, досягають значень, порівнянних із зазначеними. У даному випадку метод АЕ теоретично можна використати для встановлення дефектності зварного з'єднання, пошкодженого за рахунок надвисоких залишкових напружень. Якщо дефекти будуть виявлені ще на стадії зварювання, то це може надати значний економічний ефект, оскільки на практиці при виникненні у виробі значних залишкових напружень виконують роботи з їх зниження. За наявності у виробі небезпечних дефектів він буде відбракований ще на стадії зварювання, й необхідність додаткової обробки відпаде.

Попередній аналіз результатів проведених робіт дозволив сформулювати наступні висновки щодо практичного застосування АЕ контролю та моніторингу процесів зварювання:

- визначено дві основні проблеми АЕ контролю процесу зварювання: недостатня роздільна здатність АЕ обладнання, яке використовували для отримання АЕ інформації, та високий рівень шумів під час зварювання;

- системи технічної діагностики ЕМА, які використовують для проведення досліджень в ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, мають вищу, ніж типові АЕ системи, роздільну здатність (часова апертура складає близько 125 нс) і кілька ступенів відбракування шумів (аналоговий і цифровий у приладі та програмний), що надає додаткові можливості отримати якісніші результати при випробуваннях. За технічними характеристиками вони мають певні пере-

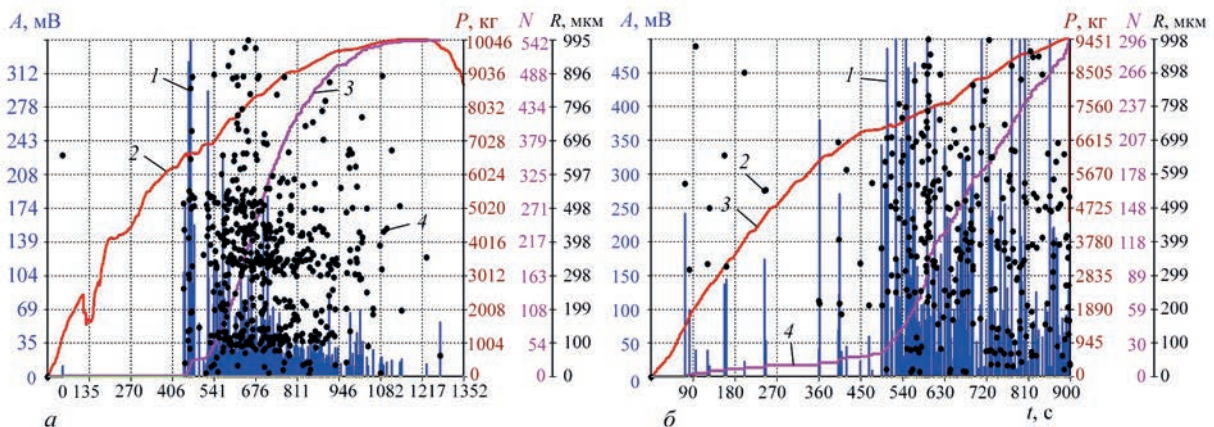


Рис. 1. Графіки АЕ випробувань зразків зі сталі 17ГС без зварного з'єднання (а) та за його наявності (б) з'єднанням

Технічні характеристики АЕ систем

Прилад (виробник)	Частотний діапазон, МГц	Частота дискретизації, МГц	Часова роздільна здатність, нс	Амплітудна дискретизація, біт	Динамічний діапазон, дБ
PCI-2 (Physical Acoustics Corp.)	0,02...1	10	100	12	80
AMSY-6 (Vallen Systeme)	0,02...2	100	10	14	75
VS-150 (Vallen Systeme)	0,02...2	40	25	8	60
ZEDO (DAKEL)	0,02...1,5	20	50	12	65
PCI-2M (MISTRAS Group)	0,02...1	10	100	12	80

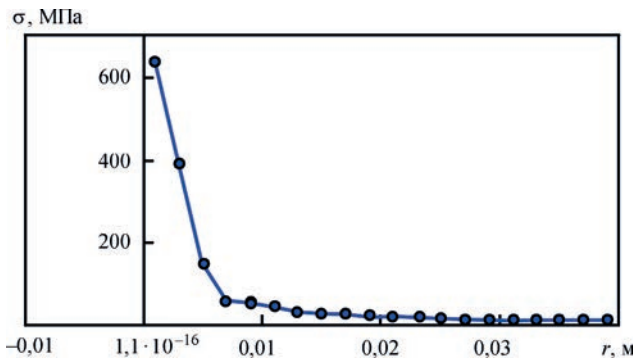


Рис. 2. Розраховані напруження σ , на глибині 1 мм залежно від відстані до зварної точки

ваги перед наведеними у таблиці характеристиками розповсюджених у світі АЕ систем [15–19] (зокрема динамічний діапазон 100 дБ, що дозволяє відстежувати сигнали АЕ незначної амплітуди навіть в умовах високої зашумленості об’єктів контролю).

Сформулюємо основні завдання для створення автоматизованої системи визначення дефектності зварних з’єднань:

- визначення наявності дефектів методом АЕ;
- дослідження взаємозв’язків між дефектністю зварного з’єднання та сигналами АЕ, що супроводжують процеси зварювання;
- створення методики визначення методом АЕ технічного стану об’єктів зі зварними з’єднаннями під час випробувань перед введенням в експлуатацію;
- розроблення нових та вдосконалення існуючих приладів і відповідного математичного та програмного забезпечення, що дозволить автоматизувати процес оцінки стану зварних з’єднань у реальному часі з кількісними показниками якості та визначити параметри зварювання.

Виконання цих завдань дозволить:

- оптимально вибрати параметри АЕ, які надалі будуть використані для оцінки дефектності зварних з’єднань з урахуванням особливостей процесу зварювання;
- підвищити ефективність застосування методу АЕ для контролю процесу зварювання та відстеження якості формування зварного шва та пришовної зони;
- визначити інформаційні параметри АЕ шляхом аналізу експериментальних даних, отриманих

під час процесу зварювання, та оцінити результати за допомогою додаткових методів перевірки.

Для проведення подальших досліджень необхідно адаптувати обладнання та математичне забезпечення АЕ систем, створити методики вимірювання акустичної активності матеріалів і визначення діапазону відхилень процесу зварювання від оптимального. Кінцевою метою наукових досліджень має стати створення методології автоматизованого визначення якості виконання зварювання в режимі онлайн. Також має бути розроблена методика визначення небезпечності дефектів зварювання за їхніми акустичними характеристиками. Результати, отримані з використанням методу АЕ, необхідно порівняти з такими, що отримані іншими методами НК. Далі слід розробити ТЗ на прототип електронного пристрою контролю зварних з’єднань і створити макет пристрою для оцінки дефектності зварних з’єднань.

Висновки

Застосування систем АЕ контролю та моніторингу в автоматизованих системах керування процесом зварювання при виготовленні промислових виробів підвищеної небезпеки дозволить забезпечити як своєчасне виявлення та усунення дефектів зварювання, так і збільшення кількості бездефектних виробів.

Список літератури

1. Chidambaresh, S., Radhika, N., Deepak Kumar, N.H., Sivasaalam, B. (2023) A review on welding techniques: properties, characterisations and engineering applications. *Advances in Materials and Processing Technologies*, 10(2), 1126–1181. DOI: <https://doi.org/10.1080/2374068X.2023.2186638>
2. Савуляк В.І., Осадчук А.Ю. (2004) *Ручне дугове зварювання. Навчальний посібник*. Вінниця, ВНТУ.
3. Abed Fares Ali (2021) Defects, types and classification of the advance welding process-based industry: A review. *J. of Mechanical Engineering Research and Developments*. https://www.researchgate.net/publication/359554366_Defects_types_and_classification_of_the_advance_welding_process_based_industry_A_review.
4. Abdul Kadir, M.H., Asmelash, M., Azhari, A. (2020) Investigation on welding distortion en stainless steel sheet using gas tungsten arc welding process. *Materials Today: Proceedings*, 46(4), 1674–1679. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.264>
5. Літовченко П.І., Іванова Л.П. (2016) *Технологія конструкційних матеріалів. Навчальний посібник*. Харків, НА НГУ.
6. Koçak O.O. (2003) *Defect assessment of spot welds*. A thesis submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of the Middle East Technical University. <https://hdl.handle.net/11511/13975>
7. Шаповалов Е.В., Галаган Р.М., Клишар Ф.С., Запара В.И. (2013) Современные методы и средства неразрушающе-

- го контролю сварного з'єднання, виконаного контактною точечною сваркою (Обзор). *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, **1**, 10–22.
8. Андрейків О.Є., Скальський В.Р., Сулим Г.Т. (2007) *Теоретичні основи методу акустичної емісії в механіці руйнування*. Львів, Сполом.
 9. Патон Б.Е., Лобанов Л.М., Недосека А.Я. и др. (2012) *Акустическая эмиссия и ресурс конструкций: Теория, методы, технологии, средства, применение*. Киев, Индпром.
 10. Yusof, M.F.M., Ishak, M., Ghazali, M.F. (2021) Acoustic methods in real-time welding process monitoring: Application and future potential advancement. *J. Mech. Eng. Sci.*, **15**(4), 8490–8507. DOI: <https://doi.org/10.15282/jmes.15.4.2021.03.0669>
 11. Asif, K., Zhang, L., Derrible, S. et al. (2022) Machine learning model to predict welding quality using air-coupled acoustic emission and weld inputs. *J. of Intelligent Manufacturing*, **33**, 881–895. <https://doi.org/10.1007/s10845-020-01667-x>
 12. Недосека С.А., Недосека А.Я., Яременко М.А., Бойчук О.І., Овсієнко М.А. (2021) Метод акустичної емісії при оцінюванні стану зварних швів та їх службових властивостей. Частина 1. Вплив типу зварного з'єднання на акустичну емісію. *Автоматичне зварювання*, **2**, 52–59. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2021.02.09>
 13. Недосека С.А., Недосека А.Я., Яременко М.А., Бойчук О.І., Овсієнко М.А. (2021) Метод акустичної емісії при оцінюванні стану зварних швів та їх службових властивостей. Частина 2. Практичне застосування. *Автоматичне зварювання*, **4**, 36–48. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2021.04.06>
 14. Nedoseka, S.A., Nedoseka, A.Ya., Boichuk, O.I., Yaremenko, M.A., Ovsienko, M.A., Voloshkevych, I.G. (2024) Residual Stresses in Plates During Contact Spot Welding. *Strength of Materials*, **56**, 713–731. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11223-024-00685-x>
 15. (2015) Physical Acoustics Corporation. PCI-2 Data Acquisition System: User Manual. PAC.
 16. (2019) Vallen Systeme GmbH. AMSY-6 Acoustic Emission Diagnostics System: Technical Manual. Vallen.
 17. (2018) Systeme GmbH. VS-150 Portable Acoustic Emission Instrument: Brochure. Vallen.
 18. (2017) DAKEL AE Systems. ZEDO Acoustic Emission Data Acquisition: Datasheet. DAKEL.
 19. (2020) MISTRAS Group. PCI-2M Acoustic Emission Monitoring System: Product Datasheet. MISTRAS.
- fects types and classification of the advance welding process-based industry A review.
4. Abdul Kadir, M.H., Asmelash, M., Azhari, A. (2020) Investigation on welding distortion in stainless steel sheet using gas tungsten arc welding process. *Materials Today: Proceedings*, **46**(4), 1674–1679. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.264>
 5. Litovchenko, P.I., Ivanova, L.P. (2016) *Technology of structural materials*. Textbook. Kharkiv, NA NGU [in Ukrainian].
 6. Koçak, O.O. (2003) *Defect assessment of spot welds*. A thesis submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of the Middle East Technical University. <https://hdl.handle.net/11511/13975>
 7. Shapovalov, E.V., Galagan, R.M., Klishchar, F.S., Zapara, V.I. (2013) Modern methods and means of NDT of welded joint made by resistance spot welding (Review). *Tekhn. Diagnost. i Nerazrush. Kontrol*, **1**, 10–22 [in Russian].
 8. Andreykiv, O.E., Skalsky, V.R., Sulim, G.T. (2007) *Theoretical foundations of the acoustic emission method in fracture mechanics*. Lviv, Spolom [in Ukrainian].
 9. Paton, B.E., Lobanov, L.M., Nedoseka, A.Ya. et al. (2012) *Acoustic emission and structural life: Theory, methods, technologies, tools, application*. Kyiv, Indprom [in Russian].
 10. Yusof, M.F.M., Ishak, M., Ghazali, M.F. (2021) Acoustic methods in real-time welding process monitoring: Application and future potential advancement. *J. Mech. Eng. Sci.*, **15**(4), 8490–8507. DOI: <https://doi.org/10.15282/jmes.15.4.2021.03.0669>
 11. Asif, K., Zhang, L., Derrible, S. et al. (2022) Machine learning model to predict welding quality using air-coupled acoustic emission and weld inputs. *J. of Intelligent Manufacturing*, **33**, 881–895. <https://doi.org/10.1007/s10845-020-01667-x>
 12. Nedoseka, S.A., Nedoseka, A.Ya., Yaremenko, M.A., Boichuk, O.I., Ovsienko, M.A. (2021) Method of acoustic emission at evaluation of the state of welds and their service properties. Pt 1. Effect of welded joint type on acoustic emission. *Avtomatychne Zvaryuvannya*, **2**, 52–59 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2021.02.09>
 13. Nedoseka, S.A., Nedoseka, A.Ya., Yaremenko, M.A., Boichuk, O.I., Ovsienko, M.A. (2021) Method of acoustic emission at evaluation of the state of welds and their service properties. Pt 2. Practical application. *Avtomatychne Zvaryuvannya*, **4**, 36–48 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2021.04.06>
 14. Nedoseka, S.A., Nedoseka, A.Ya., Boichuk, O.I. et al. (2024) Residual stresses in plates during contact spot welding. *Strength of Materials*, **56**, 713–731. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11223-024-00685-x>
 15. (2015) Physical Acoustics Corporation. PCI-2 Data Acquisition System: User Manual. PAC.
 16. (2019) Vallen System GmbH. AMSY-6 Acoustic Emission Diagnostics System: Technical Manual. Vallen.
 17. (2018) System GmbH. VS-150 Portable Acoustic Emission Instrument: Brochure. Vallen.
 18. (2017) DAKEL AE Systems. ZEDO Acoustic Emission Data Acquisition: Datasheet. DAKEL.
 19. (2020) MISTRAS Group. PCI-2M Acoustic Emission Monitoring System: Product Datasheet. MISTRAS.

References

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF WELDED JOINTS USING THE AE METHOD

S.A. Nedosieka, M.A. Yaremenko, M.A. Ovsienko, V.V. Dolynenko, O.M. Hurianov

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine. E-mail: inpat59@ukr.net

The paper discusses approaches to assessing the quality of both the welding process itself and the defects that arise during it. The prospects for using the acoustic emission (AE) method to control the welding process and assess the condition of welded joints are shown. The results of previous AE studies during static tensile testing of metal samples to complete failure and during the welding process using the EMA technical diagnostic system are analyzed. The high sensitivity of the AE method to the occurrence and development of defects is demonstrated. Promising tasks for the development of welded joint control using modern AE systems, automation of the process of control and decision-making regarding the quality of welding and the determination of welded joint defects are identified. 19 Ref., 1 Tabl., 2 Fig.

Keywords: welding, quality, defectiveness, non-destructive testing, acoustic emission, residual stress

Отримано 16.07.25

Отримано у переглянутому вигляді 18.08.25

Прийнято 23.09.25