

МЕТОД АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СТАНУ ЗВАРНИХ ШВІВ ТА ЇХ СЛУЖБОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ. ЧАСТИНА 1. ВПЛИВ ТИПУ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ НА АКУСТИЧНУ ЕМІСІЮ

С.А. Недосека, А.Я. Недосека, М.А. Яременко, О.І. Бойчук, М.А. Овсієнко

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

Більшість існуючих конструкцій містить зварні з'єднання. Представляють значний інтерес відмінності акустичної емісії для різних типів зварних з'єднань та зміна властивостей матеріалів діючих конструкцій, що мають зварні елементи, після тривалої експлуатації з урахуванням часу і ймовірного порушення експлуатаційних умов. Дані випробувань зразків з таких матеріалів показують високу чутливість методу акустичної емісії до типу зварного з'єднання і до змін службових характеристик зварних швів. Бібліогр. 9, табл. 2, рис. 14.

Ключові слова: зварні шви, службові властивості, акустична емісія (АЕ), АЕ активність, пошкодження, руйнування матеріалів, навантаження, прогноз

Службові властивості матеріалу являють собою характеристики, які виявляються при роботі матеріалу безпосередньо в реальних конструкціях. Вони є значно більш різноманітними, ніж ті, які визначаються для матеріалу при стандартних лабораторних випробуваннях зразків.

Відзначимо, що зварні з'єднання завжди є джерелом виникнення та розвитку дефектів завдяки внесенню значної частини дефектів у матеріал безпосередньо в процесі зварювання, а також виникнення залишкових напружень.

У Частині 1 розглядаються особливості та відмінності параметрів АЕ для зварних з'єднань різних типів.

Незалежно від виду дефектів в області зварного з'єднання і причин їх виникнення, будь-то пори (рис. 1), тріщини, непровари або інший фактор, вони є потенційними джерелами руйнування матеріалу. В зв'язку з цим область зварного з'єднання потребує першочергового контролю при проведенні технічної діагностики. Визначення реального залишкового ресурсу матеріалу і його несучої здатності також має базуватися на оцінці ресурсу і несучої здатності зварного з'єднання. Зіставлення властивостей основного металу і властивостей металу зварного з'єднання дозволяє більш достовірно оцінити стан контрольованого виробу, ніж контроль стану тільки основного металу. В даній роботі розглянуті саме ці важливі питання у такій послідовності:

1. Визначення відмінності АЕ при випробуваннях на розрив зразків зі зварними з'єднаннями різних типів та вибір найбільш інформативного

параметра, що характеризує накопичення пошкоджень під час деформування.

2. Визначення відмінності АЕ для зразків з металу зі зварними з'єднаннями від АЕ для металу, що їх не містить. Визначення параметра, що дозволить визначити, чи має зварні з'єднання зразок, що випробовується.

3. Перевірка дієздатності алгоритмів прогнозування руйнування, закладених у програмне забезпечення систем типу ЕМА, на зразках з різними типами зварних з'єднань.

Відзначимо, що дана стаття узагальнює результати випробувань, виконаних у різні роки з використанням систем ЕМА від 1-го до 3-го покоління, які мають такі відмінності у поданні амплітудних та шумових характеристик АЕ сигналів, як використання відповідно лінійного та логарифмічного режимів підсилювання. Незважаючи на це, завдання, поставлені у статті, виконані, зокрема, завдяки тому,

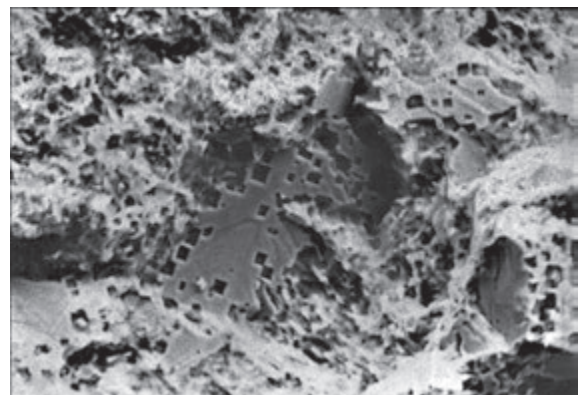


Рис. 1. Пори у зварному шві, які виникли за рахунок неякісного зварювання

Недосека С.А. – <https://orcid.org/0000-0002-3239-381X>, Недосека А.Я. – <https://orcid.org/0000-0001-9036-1413>, Яременко М.А. – <https://orcid.org/0000-0001-9973-4482>, Бойчук О.І. – <https://orcid.org/0000-0001-5800-1549>, Овсієнко М.А. – <https://orcid.org/0000-0002-2202-827X>

© С.А. Недосека, А.Я. Недосека, М.А. Яременко, О.І. Бойчук, М.А. Овсієнко, 2021

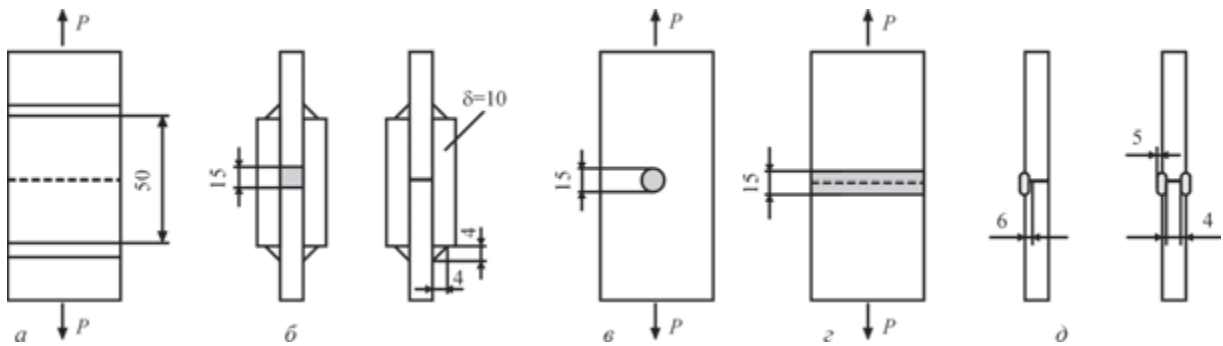


Рис. 2. Схеми випробуваних зварних з'єднань (опис а–д див. у тексті)

що, як показали проведені дослідження, абсолютні величини амплітуд сигналів АЕ не є принциповими для оцінки стану матеріалів та прогнозування їх руйнування. Дещо важливішим, хоча теж не вирішальним, є характер їх відносної зміни у процесі деформування та накопичення пошкоджень.

Для вирішення поставлених завдань було проведено ряд випробувань зразків зі сталі 17ГС з метою виявити відмінності в параметрах АЕ, що виникає при руйнуванні матеріалу з різними зварними з'єднаннями. Виготовлено серії зразків з поперечним розрізом та декількома видами зварних з'єднань (рис. 2):

а – з поперечним швом і привареними до поверхні зразка двосторонніми накладками;

б – з привареними до поверхні зразка двосторонніми накладками;

в – з точковим зварним з'єднанням;

г – з одностороннім поперечним зварним швом;

д – з двостороннім поперечним зварним швом.

Зварні з'єднання виконані ручним дуговим електричним зварюванням, тип електроду УОНИ-13, діаметр 3 мм.

Для дослідження стану матеріалів труб використовували стандартні зразки першого типу [1] для АЕ випробувань (рис. 3). Для руйнування зразків використовували розривну машину з гідравлічним приводом Р-20.

При випробуваннях використовували АЕ систему ЕМА-2 з розташуванням антени з чотирьох



Рис. 3. Зразок для проведення випробувань з застосуванням АЕ технології

датчиків на зразку за лінійною схемою (рис. 3). Обробку даних виконували з використанням сучасної програми ЕМА-3.92. Відстань між центрами датчиків становила 110 мм, контрольована зона – 140 мм (по 70 мм вліво і вправо від центру зразка). Дані обробляли з використанням кластерного аналізу в процесі випробувань і при післяекспериментальній обробці. Події АЕ, що пройшли відбракування за координатною ознакою, об'єднували у кластери. Радіус кластеру становив 20 мм, що дозволило відстежувати центри локалізації АЕ по довжині зразка в межах контрольованої зони. Реєстрували сигнали АЕ у діапазоні 100...1000 кГц.

Найбільш типові результати випробувань представлені у вигляді графіків на рис. 4–8. На них лініями синього кольору побудовано стовпчастий графік амплітуд подій АЕ (*A*, мВ),

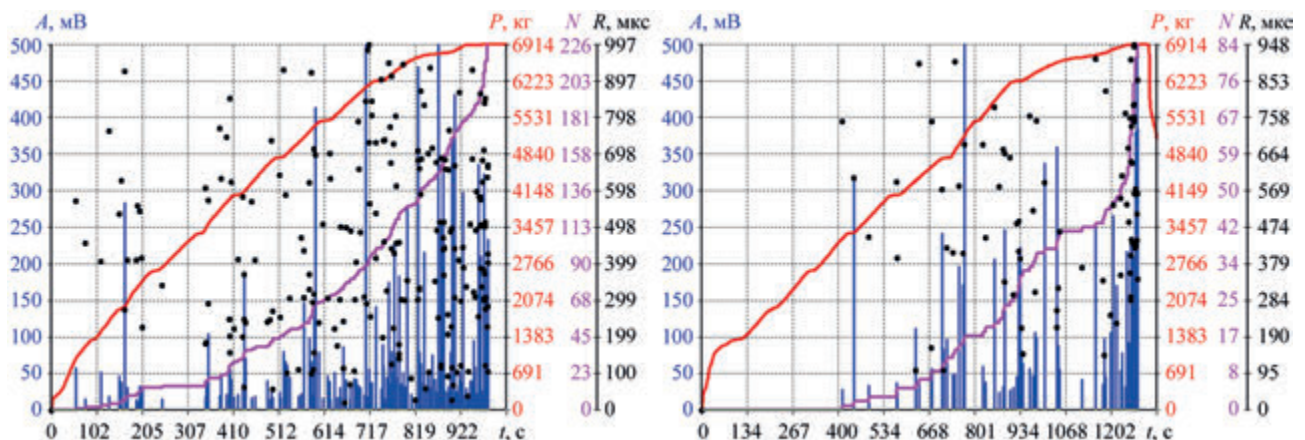


Рис. 4. Діаграми випробування зразків серії а

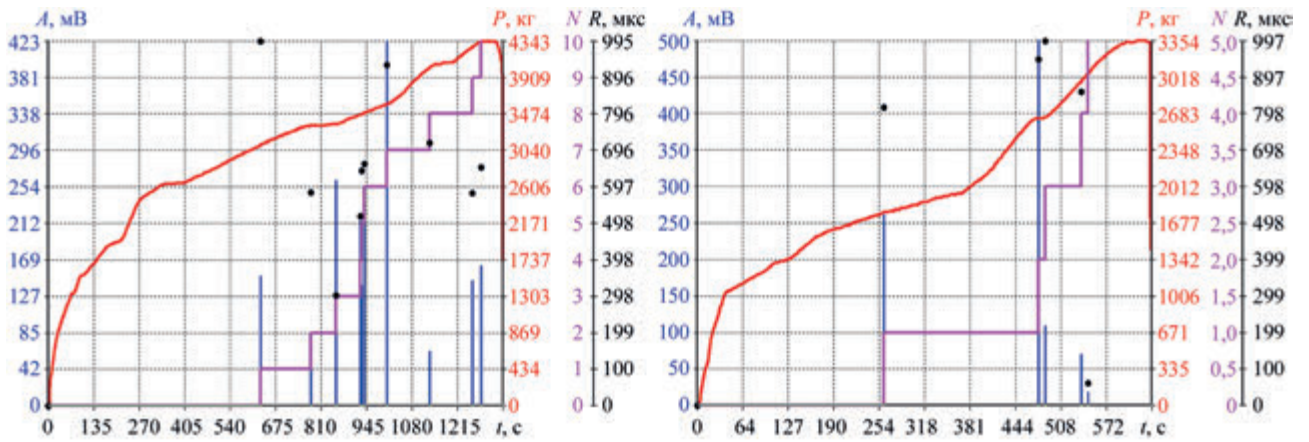


Рис. 5. Діаграми випробування зразків серії б

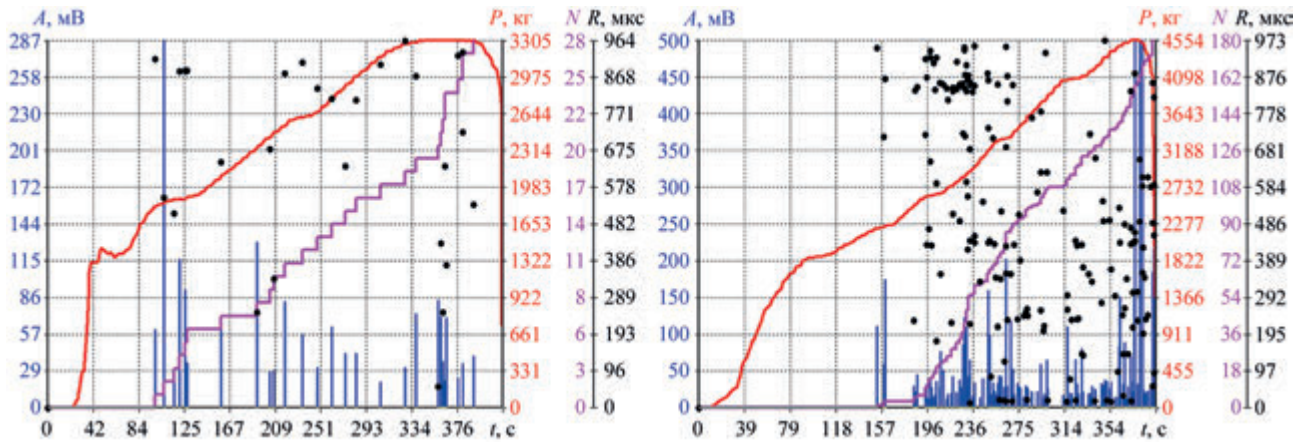


Рис. 6. Діаграми випробування зразків серії в

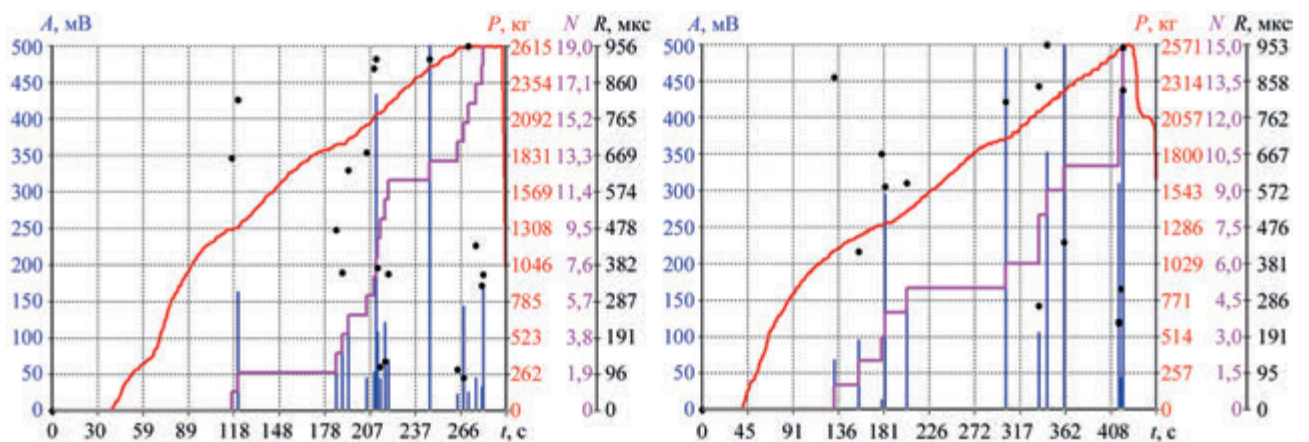


Рис. 7. Діаграми випробування зразків серії з

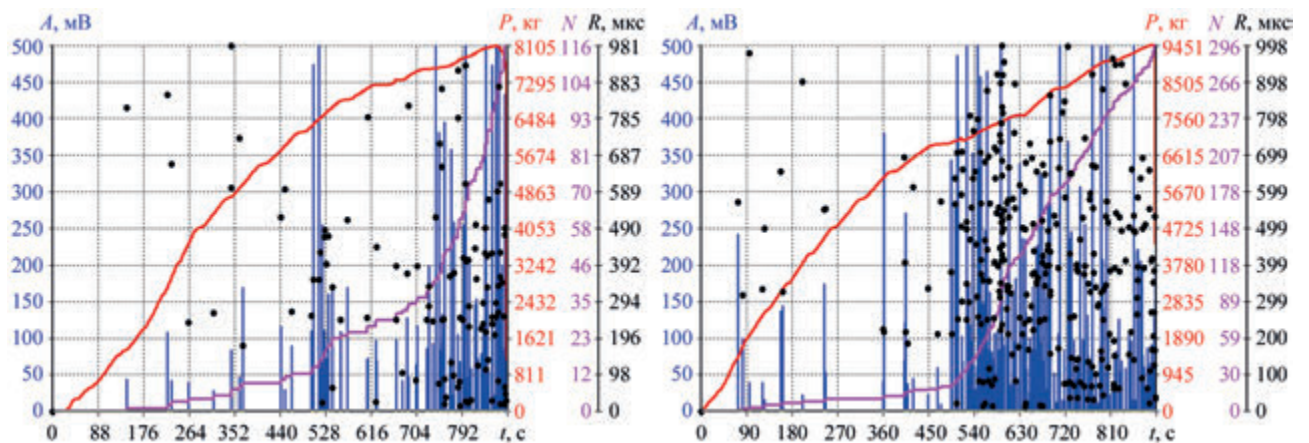


Рис. 8. Діаграми випробування зразків серії д

червоного – лінійний графік навантаження на зразок (P , кг), чорного – точковий графік параметру «Райс тайм» (R , мкс), який характеризує час наростання сигналу до максимуму, фіолетового – лінійний графік сумарного числа подій АЕ (N , безрозмірний). По осі абсцис відкладено час від початку випробування.

Випробування показали, що найбільше руйнівне навантаження 70...95 кН (7000...9500 кг) характерне для зразків серії d . Найменше, приблизно 26 кН (≈ 2600 кг), – для серії z . Це є цілком закономірним, оскільки площа перерізу матеріалу в робочій частині при такому зварному з'єднанні менше, ніж для інших зразків. Крім того, в процесі навантаження зразків реалізуються одночасно позацентроване розтягнення і вигин. Кількість сигналів АЕ для даної серії зразків невелика, що може бути пояснено такими факторами:

- меншим числом пошкоджень, внесених зварюванням;
- виникненням більшості подій АЕ вже в процесі утворення тріщини, про що свідчить поява АЕ при навантаженнях, близьких до руйнуючих, і високі, близько 500 мВ, амплітуди, що є максимальними для АЕ приладів типу ЕМА-2.

Характерною є відсутність однакової акустичної картини для зразків у рамках кожної з серій, за винятком зразків зі зварною точкою серії v і зразків з двостороннім швом серії d .

Найбільш відрізняються зразки в рамках серії b . Руйнування їх спочатку відбувалося по одному шву, потім по другому. Випробування зупиняли після руйнування одного з швів. Число подій для даних зразків відрізняється в 4,5 рази, максимальні амплітуди – в 2 рази.

Для зразків зі зварною точкою (серія v) і зразків з двостороннім поперечним швом (серія d) акустична емісія спостерігалася в області радіусів заокруглення на потовщенні робочої частини. Очевидно, що для таких видів зварних з'єднань концентрація напружень в області шва була найменшою, в результаті чого зразок деформувався

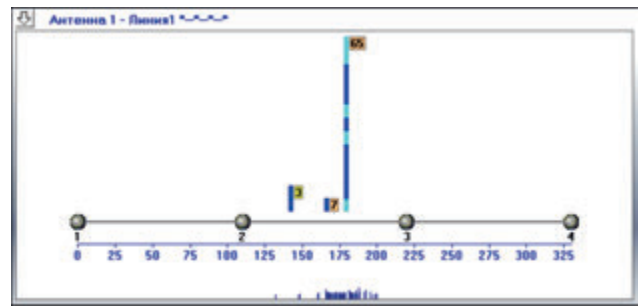


Рис. 9. Екран програми ЕМА-3.92 з типовими результатами локації подій АЕ при випробуванні зварного зразка. Стовпчиками з прапорцями показані сформовані на основі подій АЕ кластери, колір смужок на стовпчиках відповідає певному діапазону амплітуд. Самі події АЕ (координати по горизонталі та амплітуди по вертикалі) відображені вертикальними лініями унизу локаційної схеми

більш рівномірно. Це призвело до виникнення зон пластичної деформації і початку процесу накопичення пошкоджень в області радіусів заокруглення, і, зрештою, послужило причиною виникнення сигналів АЕ.

Характерним є формування руйнування в навколошовній зоні. Як правило, для всіх зразків спостерігалася декілька центрів випромінювання АЕ у зоні зварного з'єднання, один з яких збігався з місцем розташування зварного шва або точки, інші перебували на відстані 5...25 мм від центру шва в зоні термічного впливу (рис. 9).

Акустичні сигнали, що приходять із зони радіусів заокруглення, істотно відрізняються від сигналів, що приходять від зварного з'єднання. Вони менші за амплітудою і пов'язані в першу чергу з пластичною деформацією зразка, у зв'язку з чим розподілені в часі більш рівномірно. Сигнали АЕ з області зварного з'єднання викликані переважно дефектами, що виникають при зварюванні. Їх амплітуда вища, а характер появи більш випадковий. Тому і амплітуда, і активність АЕ чітко дозволяють відрізнити акустичну емісію з області зварного з'єднання від акустичної емісії з області пластичних деформацій.

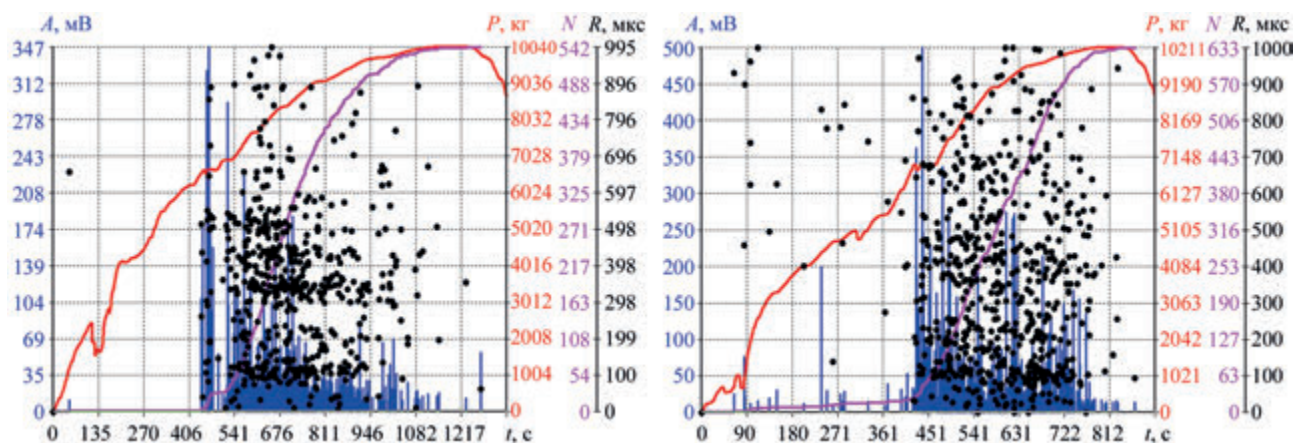


Рис. 10. Діаграми випробування зразків суцільного металу зі сталі 17ГС

В цілому видно, що найбільш повно відображає характер накопичення сигналів АЕ в матеріалі зварного з'єднання в процесі деформування зразків такий параметр, як сумарне число подій АЕ (на графіках позначене як N).

Зокрема, слід звернути увагу на зміну кута нахилу графіка вищевказаного параметра для зразків зі зварними з'єднаннями, що добре помітно на графіках і може бути пов'язано з початком формування зони руйнування. Якщо порівняти форму кривої N суми подій АЕ для зварних з'єднань та для суцільного металу цієї ж марки (рис. 10), одразу стає очевидною відмінність: для матеріалу зі зварними з'єднаннями на ділянці регулярної АЕ активності, тобто коли події АЕ не є одиничними і виникають досить рівномірно у часі, крива N є увігнутою, а для суцільного матеріалу, навпаки, випуклою.

Таким чином, кут нахилу на переломі кривої накопичення подій АЕ є критеріальним. Він дозволяє відрізнити матеріал з наявністю зварного з'єднання від матеріалу без такого. Це підтверджується численними наявними випробуваннями різних матеріалів.

Зокрема, проведені дослідження зварних зразків, підготовлених за такою методикою: вже випробувані на розрив зразки (без зварного з'єднання) були зварені за місцем розриву. Якість

зварного з'єднання спеціально робили довільною, оскільки зразки надалі використовували для перевірки прогнозу руйнівного навантаження, щоб воно не було заздалегідь відомим. Було підготовлено 20 зразків зі з'єднаннями двох типів – двостороннім швом і зварною точкою. Далі зразки випробували за тією ж методикою, що й інші. Випробування зразків даного типу цікаві тим, що АЕ можна однозначно ідентифікувати як пов'язану з руйнуванням зварного з'єднання, оскільки, з урахуванням ефекту Кайзера, основний метал повинен в процесі деформування випромінювати мінімальну кількість подій АЕ. Відмінність від попередньої серії випробувань полягає в тому, що вимірювання параметрів АЕ виконані системою ЕМА-3 і амплітуда АЕ виражена у децибелах відповідно до використання логарифмічного режиму підсилювання сигналу на відміну від системи ЕМА-2.

На діаграмах, представлених на рис. 11, 12, відображені параметри, аналогічні показаним на рис. 4–8, відповідно і позначення ті ж самі.

Число пошкоджень з часом зростає (на графіках – крива N), але у зразках без зварного з'єднання в якийсь момент часу зростання сповільнюється [2–6]. Різниця при випробуваннях зварних зразків полягає у тому, що для них на завершальній ділянці навантаження не спостерігається

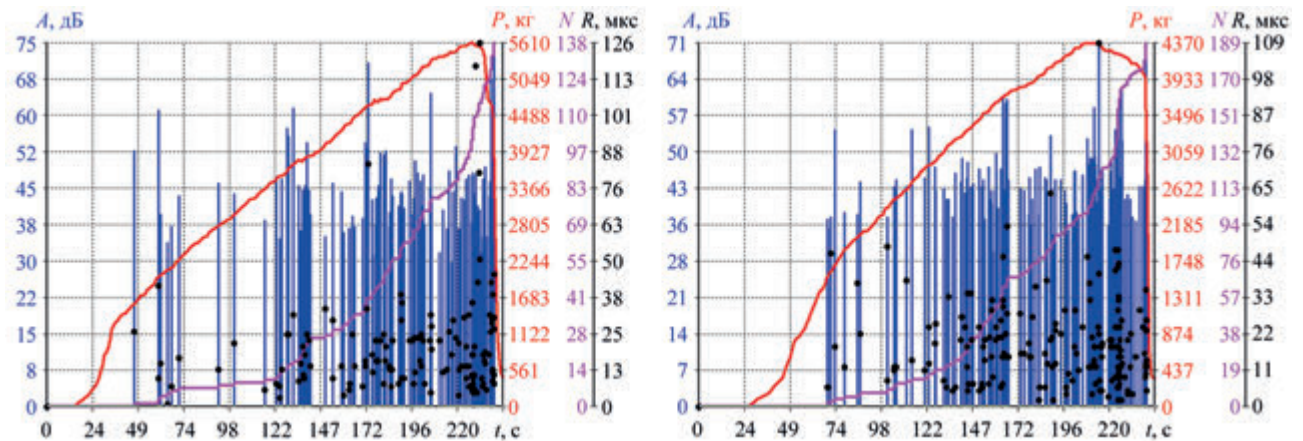


Рис. 11. Діаграми випробування зразків з двостороннім обварюванням

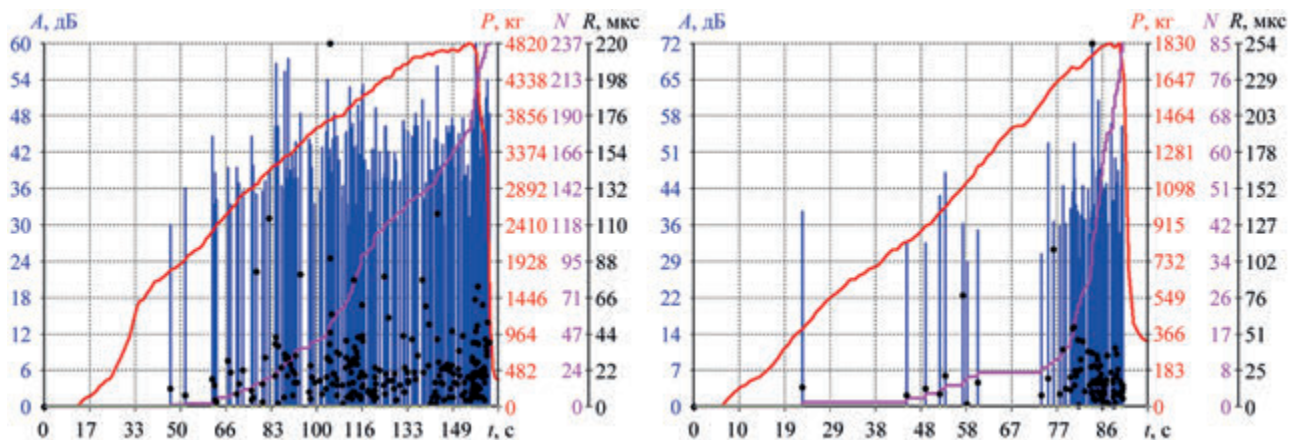


Рис. 12. Діаграми випробування зразків з довільно виконаним зварним швом

зменшення АЕ активності, завдяки чому, власне, і виникає відмінність форми кривої *N*. В той же час суттєвий розкид такого параметру як «Райс тайм» дозволяє стверджувати, що для випробуваних зразків він не може виступати у якості критеріального. Амплітуда ж подій АЕ корелює з процесами накопичення пошкоджень руйнування не завжди, тому теж не може бути використана як універсальний критерій.

Наведені вище дані стосуються сталевих зразків. Свого часу, ще з використанням АЕ систем ЕМА-1 на базі приладів «Defectophone», подібні дослідження виконували для алюмінієвих сплавів АМцС та АМцН (основні властивості цих двох матеріалів є дуже близькими). Випробували малогабаритні зразки з різними типами концентраторів (рис. 13, *а*) і широкі плоскі зразки АР-02 (рис. 13, *б*) особливої рамної конструкції, призначеної для рівноважного деформування [7, 8] центральної їх частини (це дозволяє отримати під час випробувань повну діаграму деформування з падаючою до нуля гілкою навантаження), з двома типами зварних з'єднань – двостороннім зварним швом та зварною точкою (автоматичне дугове зварювання електродом АМц 1,8 мм, струм 360 А, напруга 380 В). Малогабаритні зразки без зварного з'єднання показали вкрай низьку акустичну активність – 1 або 2 події АЕ за весь час випробувань, і ці події виникали безпосередньо під

Таблиця 1. Підсумкові результати випробувань алюмінієвих сплавів АМцС та АМцН

Тип зразка	Малогабаритний	АР-02		
		Без зварювання	Зі зварною точкою	З двостороннім зварним швом
Кількість подій АЕ	2	28	398	438

час руйнування зразка. Навіть наявність концентратора напружень не впливала на низьку АЕ активність. Широкі зразки при відсутності зварного з'єднання показали дещо вищу АЕ активність, ніж малогабаритні, але все одно суттєво нижчу, ніж у більшості випробуваних сталей.

Проте, наявність зварного з'єднання призвела до суттєвого збільшення кількості подій АЕ, яке однозначно можна пов'язати з об'ємом матеріалу, що входить до зони термічного впливу. В табл. 1 коротко надані підсумки випробувань алюмінієвих зразків з максимальною кількістю зареєстрованих подій АЕ.

Результати усіх наведених випробувань показують, що зварне з'єднання є основним джерелом АЕ, що реєструється в процесі навантаження, а число подій залежить від об'єму матеріалу, що входить в зону термічного впливу. Ще однією особливістю є відсутність АЕ до моменту, коли процес руйнування зразків починає концентруватися в зоні зварного з'єднання.

Під час випробувань виконано перевірку прогнозу руйнівного навантаження зварних зразків програмним забезпеченням ЕМА-3.92. Типовий фрагмент вікна програми з індикатором небезпеки, на якому відображені результати прогнозу, наведено на рис. 14. Пояснення щодо екрану локаційної антени дані в описі до рис. 9. Зверху над екраном локації показані елементи керування випробуваннями, таймер, а нижче стрічка-індикатор з прогнозом руйнівного навантаження.

На індикаторі небезпеки вказано номер локаційної АЕ антени (у даному випадку № 1), номер

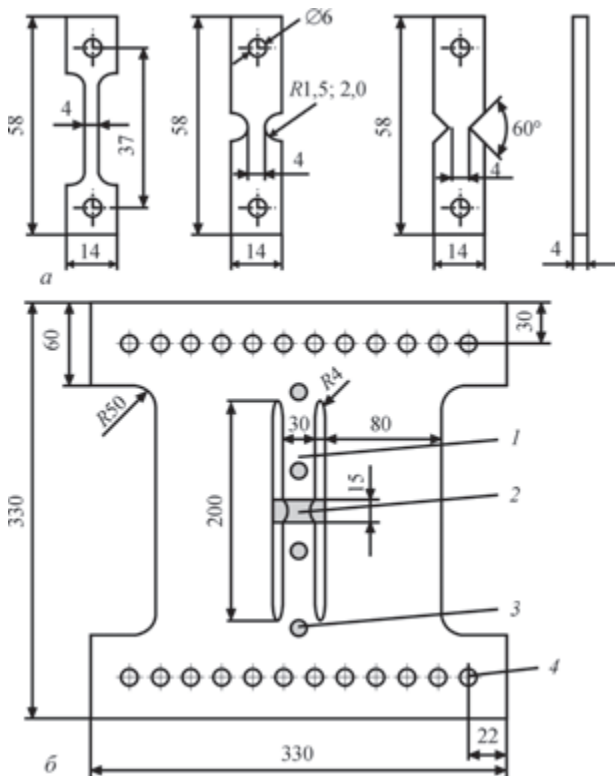


Рис. 13. Зразки для випробувань алюмінієвих сплавів: *а* – зразки з різними типами концентраторів; *б* – широкі плоскі зразки (1 – пружний динамометр; 2 – область зварного з'єднання; 3 – датчик АЕ; 4 – 12 отворів Ø 12 мм з відстанню 26 мм)

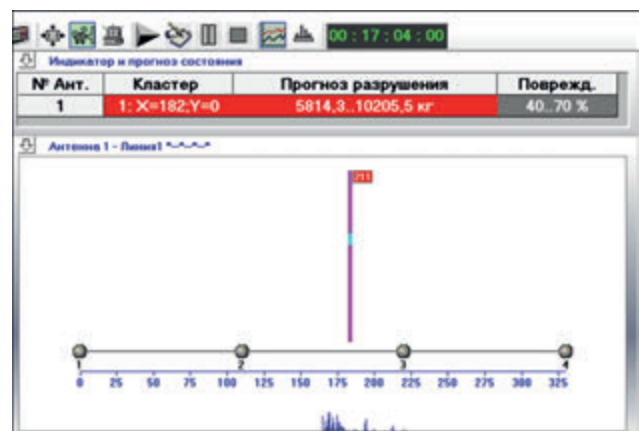


Рис. 14. Екран програми ЕМА-3.92 з результатами локації подій АЕ та прогнозуванням руйнівного навантаження при випробуванні одного із зразків

Таблиця 2. Результати прогнозу руйнівного навантаження сталевих зразків

Тип та номер зразка	Час прогнозу руйнування, с	Час початку руйнування, с	Кількість подій АЕ, за якими виконаний прогноз	Поточне навантаження, при якому надано прогноз, кг	Рівень попередження про небезпеку	Прогноз руйнування – нижня межа, кг	Прогноз руйнування – верхня межа, кг	Дійсне руйнівне навантаження, кг
Без зварного з'єднання № 1	352	1153	27	5907	1	8787	15424	10039
Без зварного з'єднання № 2	249	836	12	4738	1	6857	12036	10211
Серія а № 1	402	991	11	4065	1	5814	10205	6914
Серія б № 1	1005	1297	7	3702	1	4812	9207	4342
Серія в № 1	248	392	13	2734	2	3731	4305	3305
Серія г № 1	189	290	4	1956	1	2866	5031	2615
Серія д № 1	230	855	3	2936	1	4733	8307	8105
Двостороннє обварювання № 1	71	228	7	2250	2	3217	5647	5610
Шов невстановленої якості № 1	68	155	8	2600	2	3718	6526	4820

кластеру подій АЕ, для якого виконувався прогноз (№ 1), та координати його центру (182 мм), які відраховуються від датчика з номером 1 зліва направо. Далі подано прогноз руйнування, вказаний у кг згідно зі шкалою розривної машини, і виражена у відсотках розрахункова пошкодженість матеріалу зразка на момент видачі максимального попередження № 3 – «Небезпека».

У табл. 2 наведені вибіркові результати прогнозу руйнівного навантаження для зразків без зварного з'єднання та зі з'єднаннями різних типів. Надати всі отримані дані не вважається можливим у зв'язку з великою їх кількістю. Необхідні закономірності досить наявно можна побачити, аналізуючи ті дані, які було включено до табл. 2.

Як можна побачити з табл. 2, для більшості зразків реальне руйнівне навантаження попадає в діапазон прогнозування. Виключення становлять зразки серій б, в і г, для яких прогноз перевищує справжнє значення руйнівного навантаження. І хоча нижня межа прогнозу вкладається в допустиме для систем типу ЕМА відхилення $\pm 15\%$, верхня межа суттєво його перевищує. Проаналізуємо, чому саме для зразків вказаних серій відбувається таке явище. Найбільш очевидний висновок – зразки цих серій під час випробувань підлягають позацентровому розтягу. В той же час алгоритми прогнозування, які закладалися у програмне забезпечення систем ЕМА, базувалися на еталонах, що передбачають традиційне рівномірне навантаження стрижневих зразків або трубооболонкових конструкцій [9]. Таким чином, для коригування прогнозу руйнування під випадки позацентрового розтягу слід провести додаткове дослідження, яке дозволило б досягти більш достовірних результатів прогнозу або завдяки встановленню

особливих коефіцієнтів для такого виду навантаження, або за рахунок додавання нових еталонів, на яких базується розпізнавання стану матеріалу.

В той же час слід відзначити, що виявлена похибка прогнозування не є критичною, по-перше, оскільки нижня межа прогнозного руйнівного навантаження входить у допустимий діапазон похибок, по-друге, оскільки попередження про небезпеку, яке відображується червоним кольором індикатора (див. рис. 13), генерується програмою ЕМА-3.92 заздалегідь, до досягнення межі міцності матеріалу.

Таким чином, навіть без внесення коректив у налаштування прогнозу, системи типу ЕМА можуть забезпечити своєчасне попередження про небезпеку руйнування зварних з'єднань.

Висновки

1. При наявності в зразку зварного з'єднання воно є основним джерелом АЕ. Кількість подій АЕ у зразках із зварним з'єднанням, як правило, перевищує таку в зразках суцільних.

2. Процес руйнування зварних зразків характеризується більш рівномірною в часі 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.

3. Найбільшим об'ємом матеріалу зварного з'єднання відповідають максимальна кількість і амплітуда подій АЕ, що видно при порівнянні результатів випробувань зразків серій а, в і д з серіями б і г.

4. Для зразків із зварними з'єднаннями характерна більша різноманітність отриманої 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 в матеріал пошкоджень. Активність АЕ залежить від рівня пошкоженості матеріалу, викликаного зварюванням.

5. Прогноз руйнівного навантаження для більшості зразків дає задовільні показники. Для зразків серій б, в і г, що під час випробувань піддаються позацентровому розтягу, прогноз руйнування дає дещо завищені показники руйнівного навантаження. Це слід враховувати при випробуваннях конструкцій, де наявний такий спосіб навантаження зварного з'єднання.

6. Параметром, який може служити характеристикою пошкодження металу зварного з'єднання, є сума подій АЕ. Кут перегину кривої суми подій АЕ дозволяє відрізнити випробування суцільного металу від металу із зварним з'єднанням. Наявність можливості оцінити об'єм задіяного під час зварювання металу може підвищити достовірність використання даної характеристики.

Список літератури

1. Недосека А.Я., Недосека С.А. (2020) *Основы расчета и диагностики сварных конструкций*: учебное пособие. 5-е изд., перераб. и доп. Патон Б.Е. (ред.). Киев, Индпром.
2. Недосека А.Я., Недосека С.А., Маркашова Л.И. и др. (2018) Исследование методом акустической эмиссии кинетики накопления повреждений при разрушении материалов. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, **4**, 3–10.
3. Недосека С.А. (2007) Прогноз разрушения по данным акустической эмиссии. *Там же*, **2**, 3–9.
4. Скальський В.Р. (2003) Оцінка накопичення об'ємної пошкоженості твердих тіл за сигналами акустичної емісії. *Там же*, **4**, 29–36.
5. Stone, D.E., Dingwall, P.F. (1977). Acoustic Emission parameters and their interpretation. *NDT international*, **10**, 51–56.

6. Tetelman, A.S., Chow, R. (1971) Acoustic emission testing and micro cracking processes. *A symposium presented at the December Committee Week American Society for Testing and Materials. Bal Harbour. 7-8 December, 1971*, pp. 30–40.
7. Волков В.А. (1980) Основные результаты всесоюзного базового эксперимента по механике разрушения на низкопрочной стали. *Проблемы разрушения металлов*. Москва, МДНТН, сс. 3–22.
8. Лебедев А.А., Чаусов Н.Г. (1988) *Экспресс-метод оценки трещиностойкости пластичных материалов*. Киев, АН УССР, препринт.
9. Патон Б.Е., Лобанов Л.М. Недосека А.Я. и др. (2012) *Акустическая эмиссия и ресурс конструкций: Теория, методы, технологии, средства, применение*. Киев, Изд-во «Индпром».

References

1. Nedoseka, A.Ya., Nedoseka, S.A. (2020) *Fundamentals of calculation and diagnostics of welded structures*. Ed. by B.E. Paton. 5th Ed. Kiev, Indprom [in Russian].
2. Nedoseka, A.Ya., Nedoseka, S.A., Markashova, L.I. et al. (2018) Investigation by acoustic emission method of the kinetics of damage accumulation at fracture of materials. *Tekh. Diagnost. i Nerazrush. Kontrol*, **3**, 3-13 [in Ukrainian].
3. Nedoseka, S.A. (2007) Forecasting the fracture by the data of acoustic emission. *Ibid.*, **2**, 3–9 [in Russian].
4. Skalsky, V.R. (2003) Evaluation of accumulation of bulk damage in solids, based on acoustic emission signals. *Ibid.*, **4**, 29–36 [in Russian].
5. Stone, D.E., Dingwall, P.F. (1977). Acoustic emission parameters and their interpretation. *NDT Int.*, **10**, 51–56.
6. Tetelman, A.S., Chow, R. (1971) Acoustic emission testing and micro cracking processes. In: *Proc. of Symposium presented at the December Committee Week American Society for Testing and Materials (Bal Harbour. 7-8 December, 1971)* 30–40.
7. Volkov, V.A. (1980) *Basic results of All-Union experiment on fracture mechanics of low-strength steel*. In: *Problems of metal fracture*. Moscow, MDNTN, 3-22 [in Russian].
8. Lebedev, A.A., Chausov, N.G. (1988) *Express-method of evaluation of crack resistance of plastic materials*. Kiev, AS of Ukr.SSR [in Russian].
9. Paton, B.E., Lobanov, L.M., Nedoseka, A.Ya. et al. (2012) *Acoustic emission and service life of structures: Theory, methods, technologies, facilities, application*. Kiev, Indprom [in Russian].

ACOUSTIC EMISSION METHOD AT EVALUATION OF THE STATE OF WELDS AND THEIR SERVICE PROPERTIES.

Part 1. EFFECT OF WELDED JOINT TYPE ON ACOUSTIC EMISSION

S.A. Nedoseka, A.Ya. Nedoseka, M.A. Yaremenko, O.I. Boichuk, M.A. Ovsienko

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine, 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine.

E-mail: inpat59@ukr.net

The majority of existing structures have welded joints. It is of considerable interest to determine the differences in acoustic emission for various types of welded joints and change of the properties of materials in operating structures, which have welded elements after long-term service, taking into account the time and probable violation of service conditions. The data of testing samples from such materials demonstrate the high sensitivity of acoustic emission method to welded joint type, and to changes of weld service properties. 9 Ref., 2 Tabl., 14 Fig.

Keywords: welds, service properties, acoustic emission (AE), AE activity, material destruction, loading, prediction

Надійшла до редакції 22.12.2020

**XX МІЖНАРОДНИЙ
ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ - 2021**
МІЖНАРОДНІ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВИСТАВКИ

16 - 19
листопада

