

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙНИХ ФЕРОМАГНЕТНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЇХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ НА ЗМІНУ ПАРАМЕТРІВ МАГНЕТОПРУЖНОЇ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

Є.П. Почапський, Б.П. Клим, Н.П. Мельник, П.П. Великий, П.М. Долішній

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. 79060, м. Львів, вул. Наукова, 5.

E-mail: melnyk_natalija@ukr.net

Досліджено вплив механічних властивостей конструкційних феромагнетних матеріалів та їх зварних з'єднань на зміну інформативних параметрів магнетопружної акустичної емісії. Виявлено, що наявність прикладеного зовнішнього навантаження, залишкових післязварювальних напружень та різної мікроструктури у зонах зварних з'єднань викликають зміну суми амплітуд, тривалості та форми обвідної акустичних сигналів. Підтверджено ефективність методу та перспективність його застосування для проведення діагностування елементів конструкцій тривалого експлуатування у різних середовищах. Бібліогр. 19, рис. 10.

Ключові слова: феромагнетний матеріал, доменна стінка, поле перемагнетчення, магнетопружна акустична емісія, інформаційні параметри сигналів, зварне з'єднання, зварний шов, зона термічного впливу, основний метал, залишкові напруження

На даний час в Україні важливою проблемою є діагностика стану виробів і елементів конструкцій, а також обладнання, що вичерпало свій експлуатаційний ресурс. Внаслідок тривалого експлуатування за жорстких умов, зокрема, високого рівня напружень, зміни температурного режиму, руйнівної дії навантажень та робочого середовища, значно погіршуються механічні властивості, якість та надійність елементів конструкцій. Для технічного діагностування стану матеріалів, з яких виготовляють ці вироби, варто застосовувати нові ефективні методи неруйнівного контролю.

Для контролювання стану феромагнетних елементів конструкцій та визначення їх довговічності перспективним є метод магнетопружної акустичної емісії (МАЕ) [1–3]. Він поєднує два фізичні процеси: перемагнетчення зовнішнім магнетним полем і реєстрацію пружних хвиль, які виникають під час стрибкоподібного переміщення не 180°-них доменних стінок в об'ємі зразка [1, 4]. Процес генерування сигналів МАЕ має певні особливості в околі окремих дефектів чи їх скупчень, де відбуваються суттєві зміни доменної структури матеріалу під впливом пластичних деформацій та дії напружень, що впливає на зміну параметрів МАЕ [1, 5, 6].

Сигнал МАЕ є багатопараметровим, зокрема, можна виділити такі параметри, які несуть інформацію про стан досліджуваного феромагнетного об'єкта: сума амплітуд та підсумковий рахунок сигналу (кількість імпульсів, що перевищують заданий поріг), максимальне значення амплітуди,

енергія сигналу, обвідна сигналу та положення її максимуму, спектр сигналу (ширина, медіана) [7].

Перевагами методу МАЕ за дослідження стану феромагнетних конструкцій, у порівнянні з широковідомим методом акустико-емісійного діагностування таких об'єктів, є відсутність потреби застосування додаткового навантаження, необхідності зупинки роботи чи зміни робочого режиму елемента, що підлягає контролю.

Метою роботи є оцінювання впливу механічних властивостей феромагнетних матеріалів та їх зварних з'єднань на зміну інформативних параметрів сигналів МАЕ за дії зовнішнього перемагнетчувального поля різної амплітуди.

За відсутності дії зовнішніх магнетних полів енергетично вигідним для феромагнетних матеріалів є формування певної конфігурації областей спонтанного намагнетчення – доменів, обмежених доменними стінками. Такі границі між магнетними доменами перебувають у стані спокою, а намагнетченість усього зразка рівна нулю. За дії прикладеного зовнішнього магнетного поля порушується рівновага, як наслідок, відбувається стрибкоподібний рух доменних стінок, що спричиняє появу сигналів МАЕ [8–10].

Прикладене силове навантаження до досліджуваного зразка зумовлює деформацію кристалічної ґратки та перебудову доменної структури. Чутливість магнетних властивостей матеріалу до зміни напружено-деформованого стану об'єкта дослідження проаналізовано у працях [11, 12].

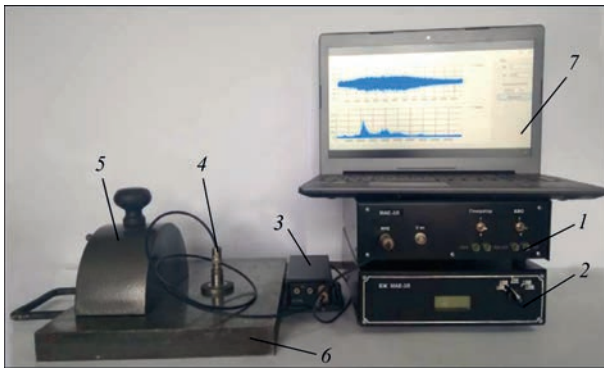


Рис. 1. Зовнішній вигляд апаратури для збудження, відбору, реєстрації та обробки сигналів МАЕ (опис див. у тексті)

Для оцінювання впливу прикладених механічних напружень на зміну параметрів сигналів МАЕ в експериментах використовували апаратуру для збудження, відбору, реєстрації та обробки сигналів МАЕ [7] (рис. 1). До її складу входять: магнетоакустична вимірювальна система МАЕ-3Л – 1 з автономним блоком живлення БЖ МАЕ-3Л – 2, попередній підсилювач – 3 з п'єзоелектричним перетворювачем – 4, накладний електромагнет (НЕМ) – 5, досліджувальний зразок – 6, персональний комп'ютер – 7.

Для випробувань виготовили експериментальні пластинчасті зразки з ніколу та трубною сталі 19Г. Перемагнення здійснювали сигналом синусоїдальної форми з частотою 9 Гц, використовуючи накладний П-подібний НЕМ.

До нікелового та сталевих зразків однакових розміру та форми прикладали зусилля одночасно розтягу (для ніколу напруження σ змінювали від 0 до 110 МПа, для сталі до 280 МПа), перемагчували їх зовнішнім полем та реєстрували сигнали

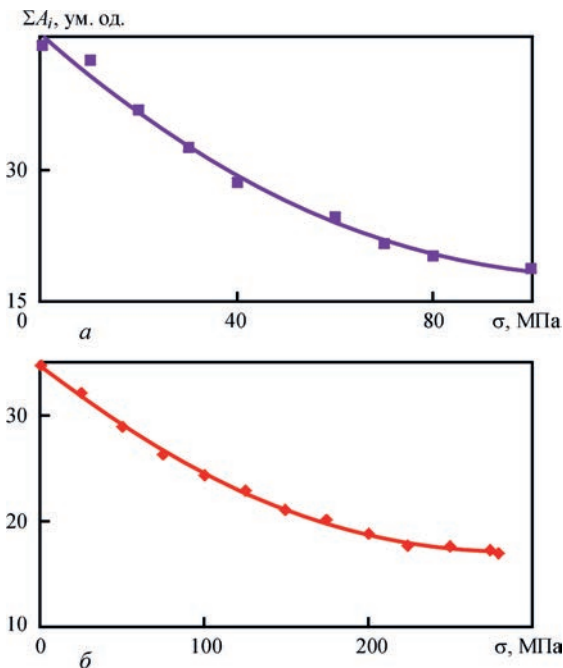


Рис. 2. Залежності суми амплітуд сигналів МАЕ від напружень, зумовлених зовнішнім навантаженням: а – нікелова пластинка ($B = 0,35$ Тл); б – пластинка зі сталі 19Г ($B = 1,28$ Тл)

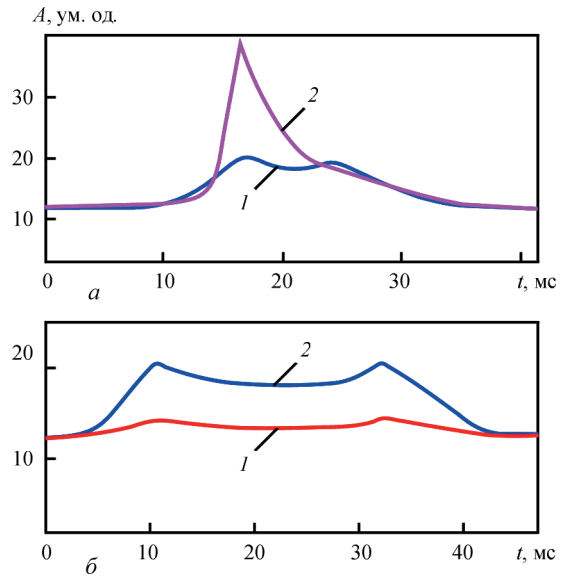


Рис. 3. Особливості форми обвідної МАЕ за зміни амплітуди індукції поля перемагнення B та $\sigma = 0$ МПа для: а – нікелового зразка ($I - 0,2$ Тл; $2 - 0,35$ Тл); б – сталевих зразка ($I - 1,08$ Тл; $2 - 1,8$)

МАЕ. За отриманими результатами побудовано залежності суми амплітуд сигналів МАЕ від амплітуди індукції перемагнучувального поля B (рис. 2). За сталої амплітуди індукції магнетного поля B та зі збільшенням прикладених напружень спостерігається зменшення суми амплітуд для обох зразків.

Досліджено особливості форми обвідної та залежності тривалості сигналів МАЕ від прикладеного зовнішнього навантаження та амплітуди індукції поля перемагнення (рис. 3–5). Зі збільшенням σ та B спостерігаємо зміну форми обвідної (для ніколу формується один гострий чіткий пік, для сталі – два піки) та значне зменшення амплітуди та тривалості сигналів МАЕ.

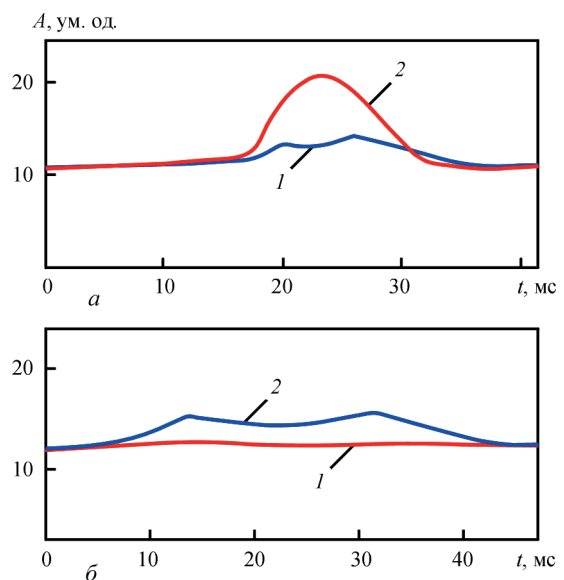


Рис. 4. Особливості форми обвідної МАЕ за зміни амплітуди індукції поля перемагнення B для: а – нікелового зразка ($\sigma = 110$ МПа, $I - 0,2$ Тл; $2 - 0,35$); б – сталевих зразка ($\sigma = 175$ МПа; $I - 1,08$ Тл; $2 - 1,8$)

Прикладені до досліджуваних феромагнетних зразків зовнішні механічні напруження спричиняють зміну магнетної структури. За дії напружень магнетопружна енергія є пропорційною до $\lambda \sigma \sin^2 \alpha$, де λ – стала магнетострикції; α – кут між напрямками вектора намагнетченості M та прикладених напружень до об'єкта контролю σ . Вплив цих напружень спричиняє поворот M паралельно за напрямком σ для мінімізації магнетопружної енергії. Це призводить до збільшення загальної площі 180°-них доменних стінок у об'ємі матеріалу, за рахунок зменшення площ не 180°-них, та зменшення амплітуди сигналів МАЕ [13]. Збільшення амплітуди сигналів МАЕ зі зростанням амплітуди індукції поля перемагнетчення можна пояснити підвищенням інтенсивності стрибків доменних стінок.

За реальних умов експлуатування феромагнетних конструкцій на підприємствах промислового сектора майже не можливе без впливів на матеріал

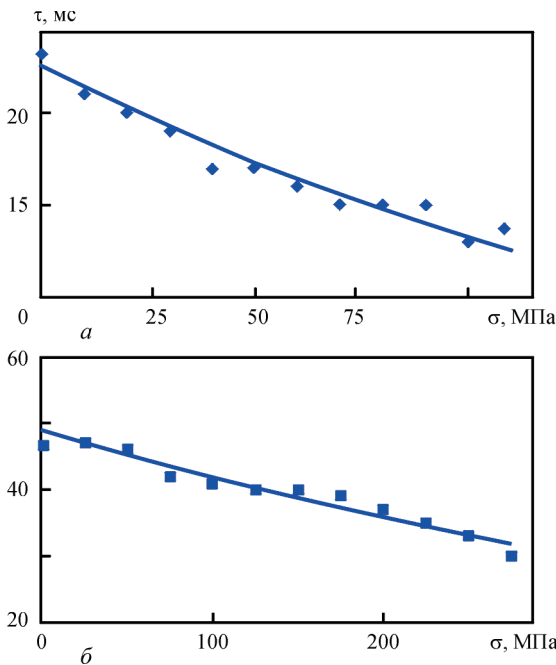


Рис. 5. Залежності тривалості сигналів МАЕ від величини прикладених напружень для: а – нікелевого зразка ($B = 0,35$ Тл); б – сталевого зразка ($B = 1,8$ Тл)

робочих середовищ, дії навантажень чи деформувань. Зміну магнетних властивостей матеріалу за різних режимів термічної обробки, зміни хімічного складу металу та підвищення його твердості досліджено у працях [11, 12], вплив структури матеріалу на зміну параметрів сигналів МАЕ у [14].

Кожен з перелічених вище чинників має місце за процесу утворення з'єднань методом зварювання. Основними проблемами після кристалізації зварних з'єднань (ЗЗ) залишаються наявність різної мікроструктури у всіх його зонах та внесення додаткових напружень внаслідок впливу високих температур.

Безпека експлуатації конструкцій із ЗЗ, зокрема, трубопроводів, забезпечується у першу чергу контролем їх роботоздатності і діагностичними дослідженнями. Особливу увагу варто приділити ЗЗ, зважаючи на їх особливості, такі як структурна неоднорідність за перерізом ЗЗ, накопичення неметалевих включень у металі шва, наявність залишкових післязварювальних напружень, утворення гарячих та холодних тріщин у процесі утворення ЗЗ [15]. У випадку довготривалого експлуатування ці чинники під впливом продукту, що транспортується, зміни робочих тисків та факторів зовнішнього середовища з часом можуть сприяти зародженню мікротріщин і, як наслідок, руйнуванню матеріалу.

Для оцінювання впливу механічних властивостей ЗЗ на зміну параметрів МАЕ ми досліджували мікроструктуру металу труби у діаметральному перерізі, використовуючи призматичні зразки розмірами $10 \times 30 \times 60$ мм, вирізані з ділянки трубопроводів з поздовжнім швом, що виготовлені зі сталі 19Г нафтогону та 17Г1С газогону. Зразки полірували та травили 2%-м розчином азотної кислоти. Застосовували оптичний мікроскоп NU-2. Вплив неоднорідності структури різних зон ЗЗ трубопроводу на параметри сигналів МАЕ вивчали на зразках розміром $240 \times 10 \times 3$ мм, вирізаних з трьох основних зон поздовжнього ЗЗ. Зразки перемагнетчували за допомогою НЕМ з 1260 витком з мідного дроту на кожній ніжці магнетопроводу. Амплітуду індукції

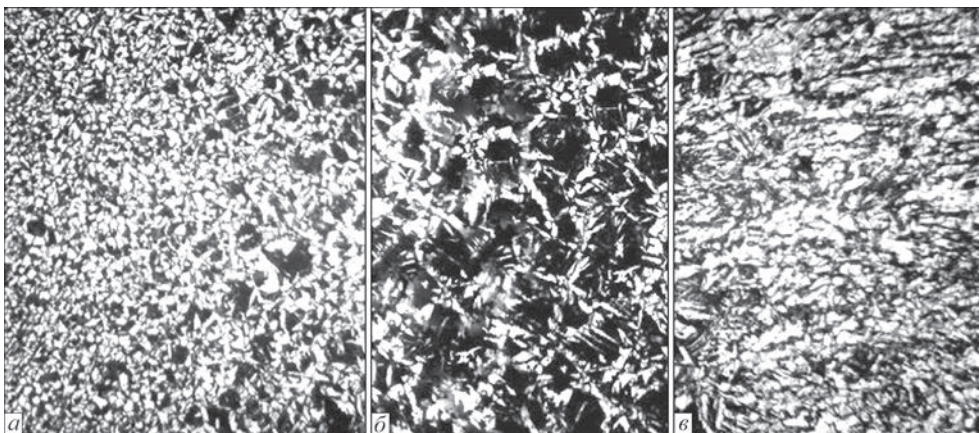


Рис. 6. Мікроструктура ($\times 125$) металу зварного з'єднання сталі 19Г нафтогону: а – основний метал; б – зона термічного впливу; в – зварний шов

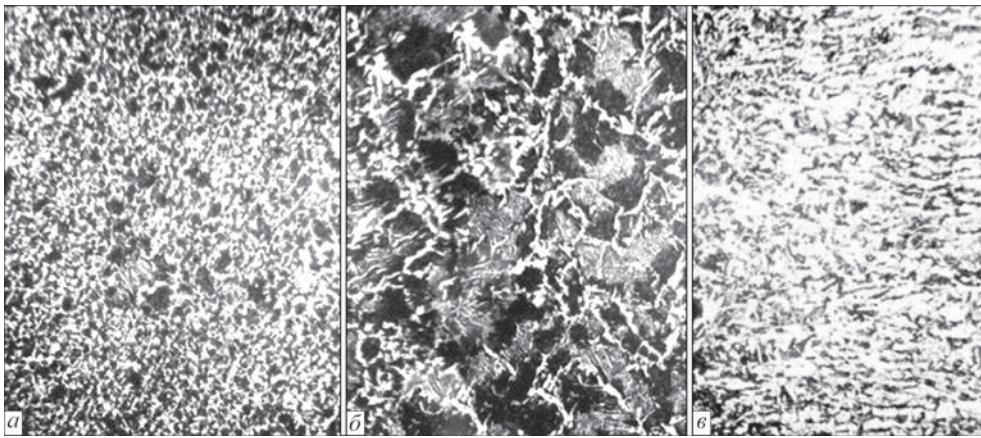


Рис. 7. Мікроструктура ($\times 125$) металу зварного з'єднання сталі 17Г1С газогону: *a* – основний метал; *b* – зона термічного впливу; *v* – зварний шов

магнетного поля в зразку міряли з допомогою ко-тушки (300 витків) за активного опору 14 Ω .

За металографічними дослідженнями було встановлено, що досліджувані матеріали належать до класу феритно-перлітних сталей (рис. 6, 7). Для структури зварних швів характерна більша дисперсність, ніж в основному металі, якому притаманна певна стрічковість структури внаслідок прокату. У зонах термічного впливу основною є ділянка перегріву з грубозернистою феритно-перлітною структурою та наявним відманштетовим феритом.

Автори праць [1, 4] аналізують вплив різних мікроструктурних факторів на доменну будову матеріалу, тому, зважаючи на структурну неоднорідність за поперечним перерізом 33, було проведено ряд експериментальних досліджень для встановлення залежностей між інформативними параметрами методу МАЕ та індукції магнетного поля B для зразків, що вирізані з різних зон трубного 33.

За результатами експерименту побудовано залежності (рис. 8). Помітно різницю між величиною значень суми амплітуд сигналів МАЕ для зразків, що вирізані з трьох основних зон 33.

Згідно з літературними даними [16–19] не 180°-ні доменні стінки, які є основним джерелом МАЕ, розташовуються по границях зерен. Отже, за відсутності інших чинників у структурі металу з вищим ступенем дисперсності, і, відповідно, більшою загальною довжиною границь, зростатиме кількість сигналів МАЕ та, як результат, їх сума амплітуд.

За сталої амплітуди індукції перемагнетчувального поля B найбільші значення суми амплітуд ΣA_i зареєстровано для зразків зі зварного шва (крива 1). У зразках із зони термічного впливу зафіксовано найнижчі значення ΣA_i (крива 2). Цей ефект пояснюється структурними перетвореннями у феромагнетик у впливом високих температур під час зварювання, які зумовлюють перебудову доменної структури матеріалу [4].

Дослідження впливу залишкових післязварювальних напружень на параметри сигналів МАЕ

проводили на фрагменті труби зі сталі 19Г діаметром 1020 мм, товщиною стінки 10 мм, після 48 років експлуатації з поздовжнім 33 (рис. 9). Для зняття напружень проводили відпружувальний відпал протягом 2 год за $T = 550$ °С, після чого охолоджували плиту разом з піччю. За результатами проведених експериментів встановили, що сума амплітуд сигналів МАЕ в 33 плити у вихідному стані є меншою, ніж у відпаленому (рис. 10).

Стрибки не 180°-них доменних стінок відбуваються внаслідок відриву їх від центрів закріплень за умови, коли значення зовнішніх прикладених полів перевищують значення критичного поля закріплення стінок, яке значно зростає за пластичних деформацій та стримує рух стінок. На основі

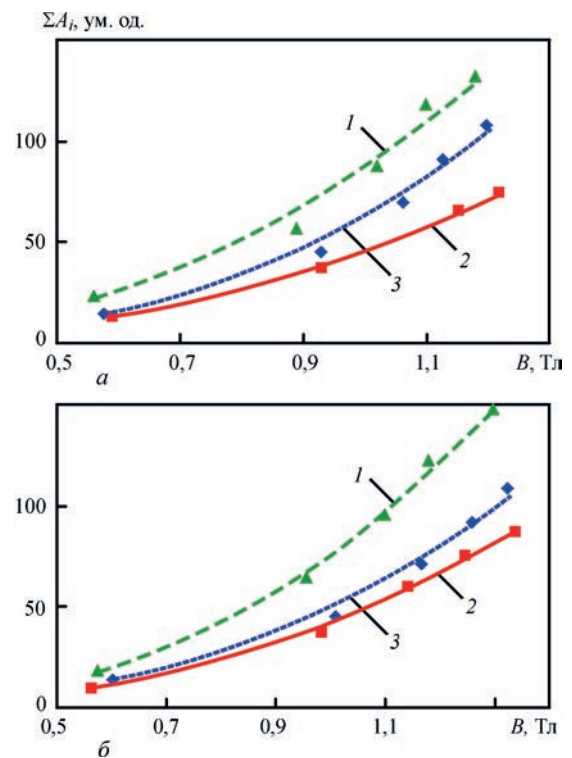


Рис. 8. Залежності суми амплітуд сигналів МАЕ від амплітуди індукції магнетного поля B для зразків із різних зон трубного зварного з'єднання: *a* – газогону; *b* – нафтогону (1 – метал шва; 2 – зона термічного впливу; 3 – основний метал)

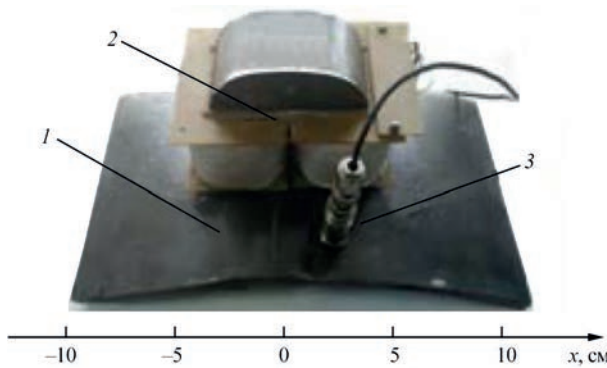


Рис. 9. Розташування НЕМ на фрагменті труби з повздовжнім зварним з'єднанням: 1 – фрагмент труби; 2 – НЕМ; 3 – перетворювач акустичної емісії

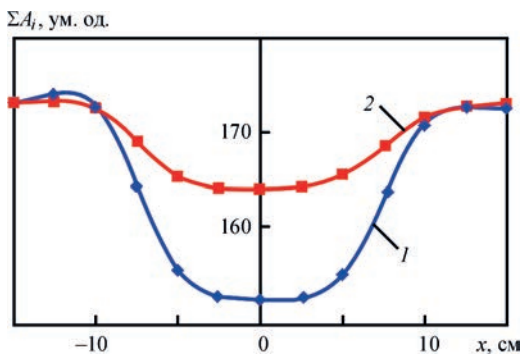


Рис. 10. Залежність суми амплітуд сигналів МАЕ від розташування НЕМ на фрагменті труби: 1 – у вихідному стані; 2 – після проведення відпалу

цього відзначимо, що залишкові напруження після зварювання понижують інтенсивність стрибків не 180°-них доменних стінок, що пояснюється створенням додаткових центрів закріплень.

Висновки

Досліджено вплив зовнішніх силових навантажень, прикладених до пластинчастих зразків, що виготовлені з ніколу та сталі 19Г, на зміну інформативних параметрів сигналів МАЕ. Встановлено, що зі збільшенням прикладених зовнішніх напружень сума амплітуд сигналів зменшується за сталого значення амплітуди індукції перемагнетичувального поля; спостерігається також зміна форми обвідної та скорочення тривалості сигналів МАЕ.

Показано, що розмір зерна структури зон основного металу, термічного впливу та зварного шва з'єднань, утворених методом зварювання, впливає на параметри сигналів МАЕ: вища дисперсність підвищує інтенсивність та суму амплітуд.

На фрагменті труби зі сталі 19Г з повздовжнім зварним з'єднанням виявлено вплив залишкових післязварювальних напружень на зміну суми амплітуд сигналів МАЕ.

Узагальнення наведених результатів дозволяє зробити висновок, що метод МАЕ є достатньо чутливим за дослідження напруженого стану ферромагнетних матеріалів, зварних елементів конструкцій після тривалого періоду експлуатування

у різних середовищах. Це свідчить про можливість застосування даного методу для проведення неруйнівного контролю таких матеріалів.

Роботу виконано за рахунок коштів бюджетної програми «Підтримка розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень» (КПКВК 6541230).

Список літератури

1. Ono K., Shibata M. (1981) Magneto mechanical acoustic emission – a new method for non-destructive stress measurement. *J. NDT International*, October, 227–234.
2. Скальський В.Р., Почапський Є.П., Клим Б.П., Рудак М.О. (2016) Застосування методу магнетопружної акустичної емісії для контролю напруженого стану ферромагнетних елементів конструкцій. *Технологические системы*, 2, 67–70.
3. Pochaps'kyi E.P., Klym B.P., Rudak M.O. et al. (2017) Application of the Magnetoelastic Acoustic Emission for the Corrosion Investigations of Steels. *Materials Science*, 52, 5, 742–742.
4. Назарчук З.Т., Андрейків О.Є., Скальський В.Р. (2013) Оцінювання водневої деградації ферромагнетиків у магнетному полі. Київ, Наукова думка.
5. Skalsky V., Hirnyj S., Pochapskyu Ye. et al. (2011) The effect of deformation on the parameters of magnetoacoustic signals. *Вісник ТНТУ. Спецвипуск. Ч.1*, 155–161.
6. Pochapskyu Ye., Nazarchuk Z., Skalsky V., Himyj S. (2012) Application of magnetoacoustic emission for detection of hydrogen electrolytically absorbed by steel. *Proc. 19th Europ. Confer. on Fracture «Fracture Mechanics for Durability, Reliability and Safety»*, Kazan, Russia. 26–31 August, 2012. ID 405.
7. Назарчук З.Т., Скальський В.Р., Почапський Є.П. (2014) Технології відбору та опрацювання низькоенергетичних діагностичних сигналів. Київ, Наукова думка.
8. Тикадзуми С. (1987) *Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества*. Пер. с японского. Москва, Мир, сс. 179–185.
9. Durin G., Zapperi S. (2006) The Barkhausen effect. *The Science of Hysteresis*, II, 181–267.
10. Alessandro B., Beatrice, C., Bertotti, G., Montorsi A. (1990) Domain wall dynamics and Barkhausen effect in metallic ferromagnetic materials. I. Theory. *J. Appl. Phys.*, 68(11), 2901–2908.
11. Мельгуй М.А. (1980) *Магнитный контроль механических свойств сталей*. Минск, Наука и техника.
12. Михеев М.Н., Горкунов Э.С. (1993) *Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля*. Москва, Наука.
13. Ng D.H.L., Jakubovics J.P., Scruby C.B., Briggs G.A.D. (1992) Effect of stress on magneto-acoustic emission from mild steel and nickel. *J. of Magnetism and Magnetic Materials*, 104–107, 355–356.
14. Скальський В.Р., Михальчук В.Б., Долішній П.М., Семенівський Р.І. (2008) Вплив структури матеріалу на зміну амплітуд магнетопружної акустичної емісії. *Зб. наук. праць ФМІ НАН України «Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів»*. Львів, Вип. 13, сс. 80–83.
15. Кречковська Г.В., Яновський С.Р., Студент О.З., Никифорчин Г.М. (2015) Фрактографічні ознаки експлуатаційної деградації зварних з'єднань магістральних нафтогонів. *Фіз.-хім. механіка матеріалів*, 51, 2, 21–27.
16. Guyot M., Cagan V. (1993) The magneto-acoustic emission (invited). *J. Appl. Phys.*, 73(10), 5348–5353.
17. Ng D.H.L., Lo C.C.H., Jakubovics J.P. (1994) The effects of demagnetizing and stray fields on magnetoacoustic emission. *Ibid*, 75(10), 7009–7011.
18. Ng D.H.L., Yu C.C., Qin C-D. et al. (1996) The dependence of magnetoacoustic emission on magnetizing frequency in nickel and mild steel. *Ibid*, 79(8), 6057–6059.
19. Почапський Є.П., Мельник Н.П. (2015) Оцінювання переміщень доменної стінки у ферромагнетних матеріалах

за дії зовнішнього магнетного поля. *Вісник ТНТУ. Тернопіль*, 3(79), 102–109.

References

1. Ono, K., Shibata, M. (1981) Magneto mechanical acoustic emission – a new method for non-destructive stress measurement. *J. NDT International*, October, 227–234.
2. Skalskyi, V.R., Pochapskyi, Ye.P., Klym, B.P., Rudak, M.O. (2016) Application of the method of magnetoelastic-acoustic emission for control of the stressed state of ferromagnetic structural elements. *Tekhnolog. Sistemy*, 2, 67–70 [in Ukrainian].
3. Pochaps'kyi, E.P., Klym, B.P., Rudak, M.O. et al. (2017) Application of the magnetoelastic acoustic emission for the corrosion investigations of steels. *Materials Sci.*, 52(5), 742–742.
4. Nazarchuk, Z.T., Andrejkiv, O.E., Skalskyi, V.R. (2013) *Evaluation of hydrogen degradation of ferromagnetic in magnetic field*. Kyiv, Naukova Dumka [in Ukrainian].
5. Skalsky, V., Hirnyi, S., Pochapsky, Ye. et al. (2011) The effect of deformation on the parameters of magnetoacoustic signals. *Visnyk TNTU, Special Issue, Pt 1*, 155–161.
6. Pochapskyu, Ye., Nazarchuk, Z., Skalsky, V., Hirnyi, S. (2012) *Application of magnetoacoustic emission for detection of hydrogen electrolytically absorbed by steel*. In: *Proc. of 19th Europ. Confer. on Fracture «Fracture Mechanics for Durability, Reliability and Safety»* (Kazan, Russia. 26–31 August, 2012). ID 405.
7. Nazarchuk, Z.T., Skalskyi, V.R., Pochapskyi, Ye.P. (2014) *Technology of sampling and processing of low-energy diagnostic signals*. Kyiv, Naukova Dumka [in Ukrainian].
8. Tikadzumi, S. (1987) *Physics of ferromagnetism. Magnetic properties of materials*. Moscow, Mir [in Russian].
9. Durin, G., Zapperi, S. (2006) The Barkhausen effect. *The Science of Hysteresis*, II, 181–267.

10. Alessandro, B., Beatrice, C., Bertotti, G., Montorsi, A. (1990) Domain wall dynamics and Barkhausen effect in metallic ferromagnetic materials. *I. Theory. J. Appl. Phys.*, 68(11), 2901–2908.
11. Melguy, M.A. (1980) Magnetic control of mechanical properties of steels. Minsk, Nauka i Tekhnika [in Russian].
12. Mikheev, M.N., Gorkunov, E.S. (1993) *Magnetic methods of structural analysis and nondestructive testing*. Moscow, Nauka [in Russian].
13. Ng, D.H.L., Jakubovics, J.P., Scruby, C.B., Briggs, G.A.D. (1992) Effect of stress on magneto-acoustic emission from mild steel and nickel. *J. of Magnetism and Magnetic Materials*, 104–107, 355–356.
14. Skalskyi, V.R., Mykhalchuk, V.B., Dolishnii, P.M., Semegenyivskyi, R.I. (2008) Influence of material structure on change of amplitudes of magnetoelastic-acoustic emission. In: *Physical methods and means of control of media, materials and products. Transact. of PMI, Lviv*, Issue 13, 80–83 [in Ukrainian].
15. Krechkovska, G.V., Yanovskiy, S.R., Student, O.Z., Nykyforchyn, G.M. (2015) Fractographic indications of service degradation of welded joints in main oil pipelines. *Fiz.-Khimich. Mekhanika Materialiv*, 51(2), 21–27.
16. Guyot, M., Cagan, V. (1993) The magneto-acoustic emission (invited). *J. Appl. Phys.*, 73(10), 5348–5353.
17. Ng, D.H.L., Lo, C.C.H., Jakubovics, J.P. (1994) The effects of demagnetizing and stray fields on magnetoacoustic emission. *Ibid.*, 75(10), 7009–7011.
18. Ng, D.H.L., Yu, C.C., Qin, C-D. et al. (1996) The dependence of magnetoacoustic emission on magnetizing frequency in nickel and mild steel. *Ibid.*, 79(8), 6057–6059.
19. Pochapskyi, Ye.P., Melnyk, N.P. (2015) Evaluation of displacements of domain wall in ferromagnetic materials due to action of external magnetic field. *Ternopil, Visnyk TNTU*, 3(79), 102–109 [in Ukrainian].

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТОУПРУГОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Е.П. Почапский, Б.П. Клим, Н.П. Мельник, П.П. Великий, П.Н. Долишний

Физико-механический институт им. Г.В. Карпенко НАН Украины. 79060, г. Львов, ул. Научная, 5

E-mail: melnyk_natalija@ukr.net

Исследовано влияние механических свойств конструкционных ферромагнитных материалов и их сварных соединений на смену информативных параметров магнитоупругой акустической эмиссии. Выявлено, что наличие приложенной внешней нагрузки, остаточных послесварочных напряжений и различной микроструктуры в зонах сварных соединений вызывают изменение суммы амплитуд, продолжительности и формы огибающей акустических сигналов. Подтверждена эффективность метода и перспективность его применения для проведения диагностики элементов конструкций длительной эксплуатации в различных средах. Библиогр. 19, рис. 10.

Ключевые слова: ферромагнитный материал, доменная стенка, поле перемагничивания, магнитоупругая акустическая эмиссия, информационные параметры сигналов, сварное соединение, сварной шов, зона термического влияния, основной металл, остаточные напряжения

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF MECHANICAL PROPERTIES OF STRUCTURAL FERROMAGNETIC MATERIALS AND THEIR WELDED JOINTS ON THE CHANGE OF PARAMETERS OF MAGNETOELASTIC ACOUSTIC EMISSION

Ye.P. Pochapskyi, B.P. Klym, N.P. Melnyk, P.P. Velykyi, P.M. Dolishnii

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, 5 Naukova Str., 79060, Lviv, Ukraine.

E-mail: melnyk_natalija@ukr.net

Influence of mechanical properties of structural ferromagnetic materials and their welded joints on the change of informative parameters of magnetoelastic acoustic emission was studied. It was found that presence of applied external loading, residual postweld stresses and different microstructure in welded joint zones causes a change of the sum of amplitudes, duration and form of acoustic signal envelope. Effectiveness of the method and prospects for its application for conducting diagnostics of elements of structures in long-term service in different environments were confirmed. 19 Ref., 10 Fig.

Keywords: ferromagnetic materials, domain wall, remagnetization field, magnetoelastic acoustic emission, signal information parameters, welded joint, weld, heat-affected zone, base metal, residual stresses

Надійшла до редакції 27.02.2019