

# ВПЛИВ СТРУКТУРИ РІЗНИХ ЗОН ПОЗДОВЖНІХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ТРУБ НА ПАРАМЕТРИ СИГНАЛІВ МАГНЕТОПРУЖНОЇ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

Є. П. Почапський, Б. П. Клим, М. О. Рудак, П. П. Великий

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

The microstructure of the steel 19H of oil pipes after long-term exploitation is investigated. Conformity to law of change of parameters of signals of magnetoelastic acoustic emission from the structure of the different zones of the weld joint is set. Influence of remaining stress after welding on the change of sum of the amplitudes of the signals of magnetoelastic acoustic emission is investigated.

Безпека експлуатації трубопроводів забезпечується у першу чергу контролем роботоздатності нафтогазопроводів та супровідних систем і їх діагностичними дослідженнями. Особливу увагу варто приділити зварним з'єднанням (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 формування ЗЗ [1]. 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, руйнування матеріалу.

Ефективним у локальному діагностуванні зварних феромагнетних елементів конструкцій є метод магнетопружної акустичної емісії (МАЕ), який ґрунтується на збудженні сигналів зовнішнім магнетним полем, яке ініціює стрибкоподібне переміщення стінок магнетних доменів (ефект Баркгаузена) [2,3]. Ці процеси мають деяку особливість в околі окремих дефектів чи їх скупчень там, де є суттєві зміни доменної структури матеріалу під впливом пластичних деформацій, напружень або водню.

У працях [4,5] проаналізували залежність магнетних властивостей матеріалу за зміни напружено-деформованого стану об'єкта дослідження, різних режимах термічної обробки, зміні хімічного складу металу та підвищення його твердості. Кожен з вищеперелічених факторів має місце за процесу утворення з'єднань методом зварювання. Основними проблемами після кристалізації ЗЗ залишаються наявність різної мікроструктури у всіх його зонах та внесення додаткових напружень внаслідок впливу високих температур.

Перевагами методу МАЕ за дослідження напруженого стану зварної конструкції у порівнянні з відомими методами діагностики є відсутність вимог до підготовки поверхні, створення додаткового навантаження, зупинки чи зміни робочого режиму елемента, що підлягає дослідженню.

Нижче досліджено мікроструктуру матеріалу поздовжнього зварного з'єднання труби нафтогону зі сталі 19Г діаметром 1020 mm, товщиною стінки 10 mm, після 48 років експлуатації, а також вплив структури металу різних зон ЗЗ на параметри сигналів МАЕ.

## *Методика досліджень випроб*

Мікроструктуру металу труби досліджували у діаметральному її перерізі, використовуючи призматичні зразки розмірами 10×30×60 mm, вирізані з ділянки трубопроводу з поздовжнім швом. Зразки полірували та травили 2% розчином азотної кислоти. Застосовували оптичний мікроскоп NU-2. Вплив неоднорідності структури різних зон ЗЗ трубопроводу на параметри сигналів МАЕ вивчали на зразках розміром 240×10×3 mm, вирізаних з трьох основних зон поздовжнього ЗЗ (рис. 1). Використовували магнетоакустичну інформаційну систему МАЕ-3Л, призначену для відбору та опрацювання сигналів МАЕ [6]. Зразки

перемагнечували за допомогою накладного електромагнету (НЕМ) з 1260 витком з мідного дроту на кожній ніжці магнетопроводу. Амплітуду індукції магнетного поля в зразку міряли з допомогою котушки (300 витків) за активного опору 14  $\Omega$ .

### Результати досліджень випроб та їх аналіз

Провівши металографічні дослідження, встановили, що досліджуваний матеріал належить до класу феритно-перлітних сталей (рис. 1). Для структури зварного шва (рис. 1, в) характерна більша дисперсність, ніж в основному металі (рис. 1, а), якому притаманна певна стрічковість структури внаслідок прокату. У ЗТВ основною є ділянка перегріву з грубозернистою феритно-перлітною структурою та наявним відманштетовим феритом (рис. 1, б).

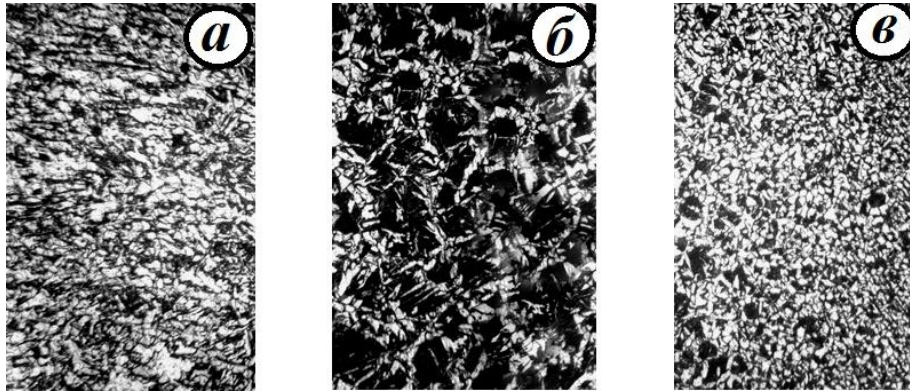


Рис. 1. Мікроструктура металу зварного з'єднання сталі 19Г ( $\times 100$ ):

а – основний метал, б – зона термічного впливу, в – метал шва.

Автори праць [2,3] аналізують вплив різних мікроструктурних факторів на доменну будову матеріалу, тому, зважаючи на структурну неоднорідність за поперечним перерізом ЗЗ, було проведено ряд експериментальних досліджень по встановленню залежностей у зразках з різних зон ЗЗ за дослідження методом МАЕ. На рис. 2. зображено загальний вигляд зразків та місця їх вирізання.

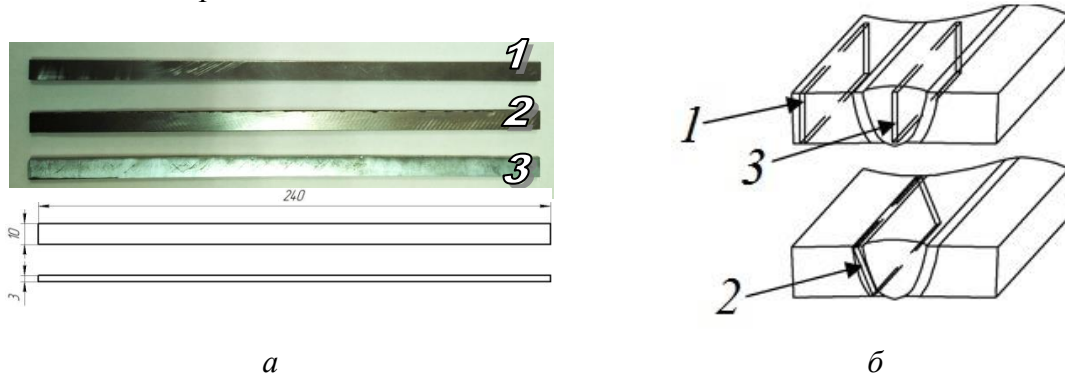


Рис. 2. Загальний вигляд досліджуваних зразків та їх розміри (а) і місця вирізання із фрагменту труби із поздовжнім ЗЗ (б): 1 – основний метал, 2 – зона термічного впливу, 3 – метал шва.

З побудованих за результатами експерименту залежностей (рис. 3) видно різницю між значеннями сум амплітуд сигналів МАЕ  $\Sigma A_i$  для зразків, вирізаних з трьох основних зон зварного з'єднання.

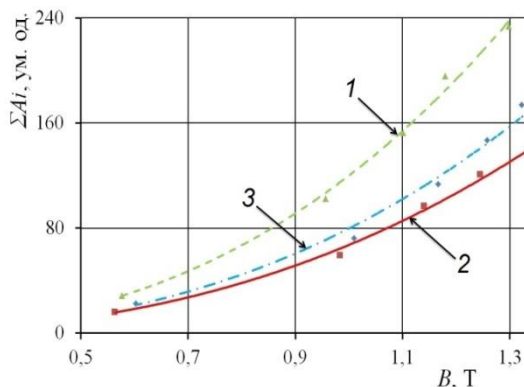


Рис. 3. Залежність суми амплітуд сигналів МАЕ від амплітуди індукції магнетного поля  $B$  для зразків із різних зон трубного 33 зі сталі 19Г: 1 – метал шва, 2 – зона термічного впливу, 3 – основний метал

Згідно літературних даних [7-10]  $90^\circ$ -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 перемагнечувального поля  $B$  найбільші значення суми амплітуд  $\Sigma A_i$  зареєстровано для зразків зі зварного шва (крива 1). У зразках із зони термічного впливу зафіксовано найнижчі значення  $\Sigma A_i$  (крива 3) Цей ефект пояснюється структурними перетвореннями у феромагнетик у впливом високих тем-ператур під час зварювання, які зумовлюють зміну доменної структури матеріалу [3].

### Висновки

Дослідження показали, що метод МАЕ є достатньо чутливим при дослідженні зварних елементів феромагнетних конструкцій після певного періоду експлуатування. Показано, що розмір зерна структури металу 33 впливає на параметри сигналів МАЕ: вища дисперсність підвищує інтенсивність та суму амплітуд.

### Література

1. Фрактографічні ознаки експлуатаційної деградації зварних з'єднань магістральних нафтогонів / Кречковська Г.В., С. Р. Яновський, О. З. Студент, Г. М. Никифорчин // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2015. – **51**, №2. – С.21–27.
2. Shibata M., Ono K. Magnetomechanical acoustic emission – a new method for non-destructive stress measurement. // NDT International. – 1981. – **14**, №5. – Р. 227–234.
3. Назарчук З. Т., Андрейків О. Є., Скальський В. Р. Оцінювання водневої деградації феромагнетиків у магнетному полі. – К.: Наук. думка, 2013. – 272 с.
4. Мельгуй М. А. Магнитный контроль механических свойств сталей. – Минск: Наука и техника, 1980. – 184 с
5. Михеев М.Н., Горкунов Э.С. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля. – М.: Наука, 1993. – 252 с.
6. Назарчук З. Т., Скальський В. Р., Почапський Є. П. Технології відбору та опрацювання низькоенергетичних діагностичних сигналів. – К.: Наук. думка, 2014. – 304 с.
7. Guyot M. The magneto-acoustic emission (invited) / M. Guyot, V. Cagan // J. Appl. Phys. – 1993. – 73 (10). – Р. 5348–5353.
8. Ng D. H. L. The effects of demagnetizing and stray fields on magnetoacoustic emission / D. H. L. Ng, C. C. H. Lo, J. P. Jakubovics // J. Appl. Phys. – 1994. – 75 (10). – Р. 7009–7011.
9. The dependence of magnetoacoustic emission on magnetizing frequency in nickel and mild steel / D. H. L. Ng, C. C. Yu, C-D. Qin et al. // J. Appl. Phys. – 1996. – 79 (8). – Р. 6057–6059.
10. Є. П. Почапський. Оцінювання переміщень доменної стінки у феромагнетних матеріалах за дії зовнішнього магнетного поля / Є. Почапський, Н. Мельник // Вісник ТНТУ. – Тернопіль. – 2015. – 3 (79). – С. 102–109.