

УДК 620.179.16

*С.М. Глабець, аспірант, група ПІ-41ф
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДИФРАКЦІЙНО-ЧАСОВОГО МЕТОДУ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ СТИКОВИХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ

Анотація. Розглянуто дифракційно-часовий метод ультразвукового контролю стикових зварних з'єднань металевих конструкцій, його особливості, переваги та недоліки а також можливість застосування для сучасних конструкційних пластиків, а саме зварних з'єднань труб з поліетилену високої щільності (HDPE). Проаналізовані проблеми та намічені напрямки досліджень з метою визначення придатності дифракційно-часового методу для контролю зварних з'єднань промислових поліетиленових трубопроводів.

Ключові слова: зварні з'єднання; ультразвуковий контроль, дифракційно-часовий метод, труби, поліетилен високої щільності, дефекти.

ВСТУП

Сучасна промисловість та комунальна сфера вимагають використання розгалуженої мережі трубопроводів для транспортування технологічних рідин, газів, води. Класичні сталеві труби з'єднані зварюванням мають обмежений термін експлуатації внаслідок старіння металу, корозії, накопичення забруднень, складності монтажу та ремонту. Альтернативою сталевим трубами наразі є застосування труб, виготовлених з поліетилену високої щільності (ПВЩ), що має численні переваги - відсутність корозії, стійкість до перепадів температур і замерзання, мала вага і швидкість зварювання [1]. В даній статті розглядаються аспекти дифракційно-часового методу ультразвукового контролю якості зварних з'єднань поліетиленових трубопроводів.

МЕТА

Проаналізувати класичні підходи до контролю якості зварних з'єднань сталевих труб та наявні вимоги до труб з ПВЩ, з'ясувати необхідність та можливість використання і адаптації ультразвукових методів неруйнівного контролю до контролю труб з ПВЩ.

АНАЛІЗ НЕРУЙНІВНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ

Для неруйнівного контролю сталевих труб з метою виявлення внутрішніх дефектів у стикових зварних з'єднаннях традиційно використовується радіографічний метод і луна-імпульсний метод ультразвукового контролю (УЗК) з використанням зсувних хвиль і реєстрацією амплітуди сигналів відбиття ультразвукового променю від дефектів [1].

Радіографія небезпечна з огляду на використання гамма і рентгенівського випромінювання та є трудомісткою при проведенні контролю і обробці результатів, але має високу чутливість до виявлення об'ємних дефектів і просте документування результатів контролю - знімків.

Ультразвуковий метод контролю – безпечний інструментальний метод, що забезпечує виявлення як об'ємних дефектів (пори, включення), так і площинних (тріщини, розшарування). Проте, вимагає високої кваліфікації фахівців для підбору параметрів процесу, аналізу та тлумачення отриманих результатів.

Останні роки став широко використовуватися різновид УЗК - дифракційно-часовий метод (ДЧМ), інша назва «часопролітний», походить від англomовного time of flight diffraction (TOFD). Метод ґрунтується на реєстрації дифрагованих хвиль від дефектів. Для ДЧМ використовується пара ультразвукових перетворювачів поздовжніх хвиль (рис.1), один випромінює ультразвуковий промінь (В) у матеріал, а інший приймає (Пр) дифраговані хвилі. На рис. 2 показано утворення дифракційних хвиль (2), згідно принципу Гюйгенса, краями дефекту (3) під дією первинного променю (1), і видно, що такі дифракційні хвилі розходяться концентрично у матеріалі.

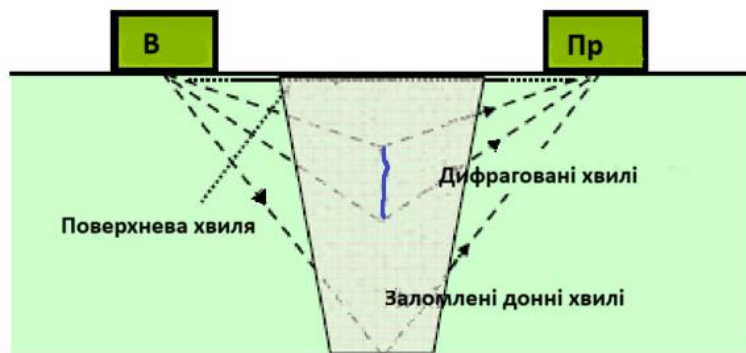


Рис.1. Схематичне представлення дифракційно-часового методу

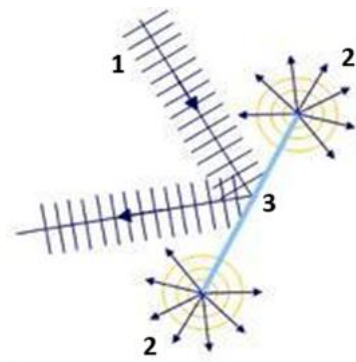


Рис.2. Утворення дифракційних хвиль

Головна інформаційна характеристика – час приходу дифрагованих сигналів. Вимірювання часу отримання сигналів дозволяє точно визначати розташування та розміри несучільностей, попри їх різноманітну орієнтацію до первинного променю. Амплітуда сигналу не використовується для визначення розміру дефекту [2].

Традиційно ДЧМ використовується для контролю саме сталевих труб. Залежно від обраної частоти перетворювачів (1-15 МГц) і кута введення (40°-70°) за один прохід може виконуватись контроль труб з товщиною стінки від 10 до 70 мм. Для товщин до 300 мм контроль виконується за кілька проходів або з використання декількох пар перетворювачів [3].

Ручний контроль зварного з'єднання виконується за допомогою механічного тримача для двох перетворювачів, з переміщенням вздовж шва. Сигнали відстежуються на розгортці типу А-скан дефектоскопа.

Використання ДЧМ в поєднанні з скануючим пристроєм та сучасним цифровим дефектоскопом дає змогу, на основі отриманих А-сканів, формувати В-скан зображення (бокову проекцію) зварного шва з прив'язкою до реальної довжини проконтрольованої ділянки (рис.3) [5]. Отримані результати зберігаються для повторного перегляду, проведення вимірів, прийняття рішень та документування результатів контролю.

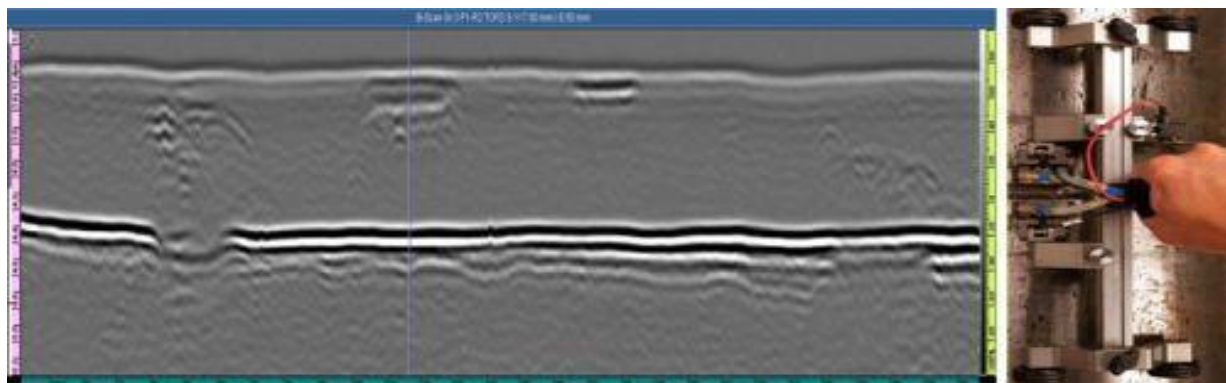


Рис. 3. В-скан ділянки зварного з'єднання з використанням сканеру

Дифракційно-часовий метод характеризується високою чутливістю до дефектів будь-якої орієнтації, дефектів малого розміру (теоретично від 0,5 мм) та високою точністю визначення їхніх розмірів, яка зазвичай становить ± 1 мм, а при повторних обстеженнях до $\pm 0,3$ мм [2] і у більшості випадків може повністю замінити використання радіографічного методу.

Проведення порівняльних випробувань ДЧМ, радіографічного методу (тільки гамма випромінювання) і традиційного УЗК показало ймовірність виявлення дефекту 70-90% для ДЧМ проти 60-70% для радіографії і 50-65% для УЗК [3].

Однак метод має певні обмеження. Слабкою стороною є мала амплітуда дифрагованих сигналів, що на 20–30 dB є меншою, ніж у класичного луна-імпульсного методу. Також існують «мертві зони» зі зниженою чутливістю біля поверхні введення хвиль і протилежної стінки. Метод складно застосовувати для контролю неоднорідних або крупнозернистих матеріалів через високий рівень загасання ультразвукових хвиль. Крім того метод практично не застосовується для контролю кутових з'єднань.

ПОТОЧНИЙ СТАН КОНТРОЛЮ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ

Для перевірки зварних з'єднань ПВЩ труб на практиці використовують візуальний огляд і руйнівні методи: гідростатичні випробування та механічні випробування якості зварювання зразків на розривних машинах [5].

Згідно з дослідженнями [6] у зварних з'єднаннях ПВЩ труб найбільш поширеними є наступні дефекти: пори, несплавлення, тріщини, сторонні вclusions.

Зазначені застосовувані методи контролю не здатні виявляти внутрішні дефекти та сторонні вclusions. Також малоефективними є класичні неруйнівні методи, такі як радіографія – слабка чутливість до несплавлень та тріщин з огляду на їх орієнтацію, та традиційний ультразвуковий контроль луна-імпульсним методом у зв'язку з значним затуханням зсувних хвиль у даному типі матеріалів.

Таким чином використання дифракційно-часового методу УЗК з поздовжніми хвилями, згідно вищевказаних переваг методу, матиме позитивні результати у разі вирішення наступних питань.

Потребує підбору оптимальна частота перетворювача і конструкція призми оскільки ті що використовуються для контролю сталевих труб не можуть бути

застосовані для труб з ПВЩ у зв'язку з відбиттям променя від поверхні труби [6].

Також важливо дослідити оптимальну глибину фокусування перетворювачів для зменшення приповерхневих «мертвих зон» [1].

Для отримання стабільних результатів та документування контролю (формування В-скан розгортки зварного з'єднання) необхідна зміна конструкції сканеру. Система кріплення сканера на поверхні сталюї труби магнітними коліщатами не може бути використана для поліетиленових труб.

ВИСНОВКИ

ДЧМ є безпечнішою та ефективнішою альтернативою радіографії та класичному УЗК. Метод дозволяє точно визначати розташування та розміри дефектів різної орієнтації. Має високу чутливість та продуктивність і реалізує документування результатів для подальшого аналізу та тлумачення.

ДЧМ потенційно може бути основним методом контролю зварних з'єднань труб з ПВЩ за умови адаптації обладнання та методики контролю до особливостей матеріалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Correia, C. (2017). TOFD Examination of HDPE Butt Weld Fusion Joints. e-Journal of Nondestructive Testing, Vol. 22(6), pp. 1-11.
- [2] Глабець С.М. Ультразвуковий дифракційно-часовий (TOFD) метод НК для контролю стикових зварних з'єднань/СМ Глабець//Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі: матеріали 1-шої науково-технічної конференції з міжнародною участю—NDT-UA 2017, 24-27 жовтня 2017 року, м. Люблін, Польща.—Люблін: УТ НКТД, 2017.—С. 17-24.—Бібліогр.: 2 назви.
- [3] Неруйнівний контроль. Ультразвуковий контроль. Дифракційно-часовий метод для виявлення та визначення розмірів несутцільностей : ДСТУ EN ISO 16828:2015 — [Введ. в дію 24.02.2016]. — К. : Держстандарт України, 2016. — 23 с. — (Національний стандарт України).
- [4] Introduction to Time-of-Flight Diffraction (TOFD) for Weld Inspection — Режим доступу: <https://www.olympus-ims.com/en/applications/introduction-to-time-of-flight-diffraction-for-weld-inspection/>.
- [5] Поліетиленові (ПЕ) труби і фітинги. Визначення міцності на розрив і типу руйнування зразків, виготовлених із стикового зварного з'єднання : ДСТУ Б EN ISO 13953:2011 — [Введ. в дію 01.01.2013]. — К. : Держстандарт України, 2013. — 49 с. — (Національний стандарт України).
- [6] Pettigrew, I.G. "Advanced Ultrasonic Inspection of HDPE Welds." Paper presented at the Offshore Technology Conference-Asia, Kuala Lumpur, Malaysia, March 2014. doi: <https://doi.org/10.4043/25065-MS>.

Науковий керівник – д.т.н., проф. В.С. Єременко