

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ЗВАРНИХ СТИКІВ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

© Дзюбик А.Р., Банахевич Ю.В., 2004

On the basis of application of experimental-computation method complex approach is offered to determination of tense-deformed state of welded joints of pipes. Description of his practical realization is given with the help of applied languages of programing and specialized mathematical editors. A method of determination of tense state is presented in area of the thermal influencing of the welded halving.

Постановка проблеми

Внаслідок тривалої експлуатації магістральних трубопроводів у них внаслідок впливу природних та техногенних чинників можлива значна зміна напружено-деформованого стану. Особливо це стосується зварних стиків труб, які після зварювання, як правило, не піддаються додатковій технологічній обробці для зменшення залишкових напружень. Останні під час експлуатації можуть стати причиною розвитку тріщин. У зв'язку з цим на етапі раннього діагностування технічного стану магістральних трубопроводів (наявність дефектів малопрогнозована) важливим є визначення діючих в них напружень.

Аналіз останніх досліджень

Розрахункові оцінки напруженого стану не завжди достовірні, і надійний результат можна отримати із обов'язковим застосуванням натурних досліджень. Для цього у випадку дослідження конструкцій, що експлуатуються, застосовується багато неруйнівних методів – рентгенівський, магнітний, ультразвуковий, голографічний тощо. Кожен із них має свої недоліки та переваги, однак ні один не задовольняє всіх вимог, що висуваються до інформативності та точності даних про напруження в зварних з'єднаннях.

Постановка задачі

У зв'язку з цим перспективним і необхідним є комплексне застосування неруйнівних методів, яке з використанням відповідного математичного моделювання та врахуванням впливу термодформаційного циклу зварювання може дати більш достовірні результати. Основоположним тут найбільш доцільно взяти експериментально-розрахунковий метод, що ґрунтується на використанні розв'язків рівнянь механіки деформівних тіл з власними напруженнями та доступній експериментальній інформації [1, 2]. Він, залежно від конструкції, дає змогу математично змодельовати зварні елементи різних типорозмірів та виконання, а застосовувана інформація може бути здобута як одним, так і синтезом неруйнівних методів.

Виклад основного матеріалу

З урахуванням загальної схеми поставленої задачі визначення напружень нижче наведено її поетапне розв'язання (рис. 1). Воно передбачає застосування сучасних комп'ютерних інструментальних засобів (Delphi, MathCAD, Maple тощо), які дозволяють одержувати Windows-орієнтований інтерфейс користувача, вводити бази даних в загальноприйнятих форматах, використовувати потужні алгоритми математичної підтримки та створювати банки даних вимірювань з виведенням відповідних протоколів. При цьому окремі блоки системи відповідають за розв'язання конкретних задач діагностування залежно від технічних та функціональних можливостей. Вони можуть

працювати незалежно один від одного або як одна спеціалізована система для визначення напружено-деформованого стану зварних з'єднань магістрального трубопроводу.

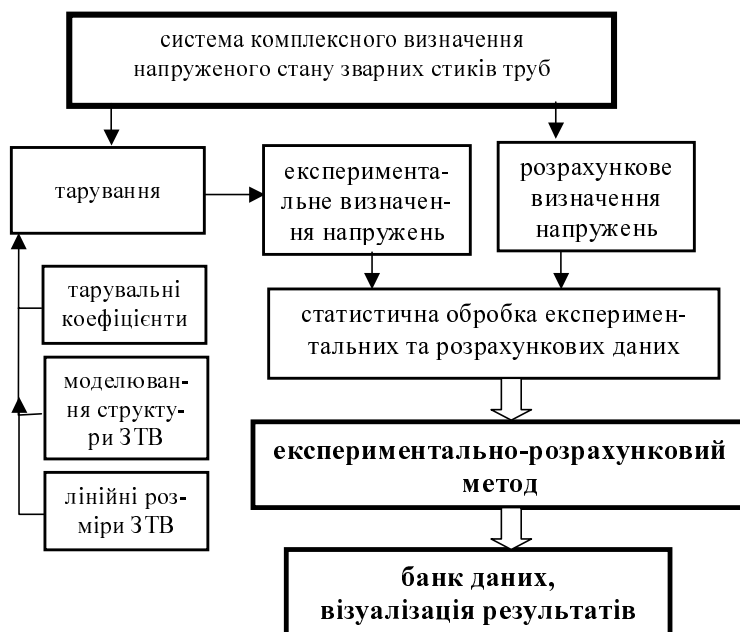


Рис. 1. Структурна схема системи комплексного визначення напружено-деформованого стану матеріалу труб

Розрахункове визначення залишкових напружень у зварних з'єднаннях виконується на основі застосування методів Талипова, Ніколаєва і Трочуна. Одночасно можна визначати розміри та характер поля пластичних деформацій, які утворюються внаслідок зварювання. Вихідними даними для цього блока є параметри режиму зварювання та геометричні характеристики труби.

Визначення експлуатаційних навантажень на стінки труби виконується за допомогою спеціально розробленої програми Core. Мова програмування Delphi, математичне забезпечення відповідно до нормативної документації [3]. Програма може виконувати такі розрахунки:

- визначення товщини стінки (вхідні дані: робочий тиск, геометричні характеристики труби, механічні характеристики матеріалу, коефіцієнти умов роботи; вихідні дані: допустима товщина стінки труби, перевірка умов міцності та деформативності);
- перевірка міцності (вхідні дані: робочий тиск, геометричні характеристики труби, механічні характеристики матеріалу, коефіцієнти умов роботи; вихідні дані: осьові та кільцеві напруження, сумарні поздовжні напруження);
- визначення поздовжніх переміщень (вхідні дані: робочий тиск, геометричні характеристики труби, механічні характеристики матеріалу, коефіцієнт перевантаження, характеристики ґрунту; вихідні дані: поздовжні переміщення, напруження та зусилля).

Результати обчислень для труби діаметром 1020 мм та товщині стінки 12 мм, при тиску 7,5 МПа подано на рис. 2.

Програмне забезпечення для дослідження напруженого стану неруйнівними методами складається з двох основних частин: для одновісного і двовісного напружених станів. Їх практична реалізація виконана нами за допомогою математичного редактора MathCAD. При цьому використовувалися стандартні та розроблені нами методики [4].

Експериментальне визначення напружень нами реалізується ультразвуковим та магнітопружним методами. Вони передбачають обов'язкове порівняння результатів застосування в польових умовах із еталонною градуйованою залежністю, що отримується в результаті тарування еталонного зразка в лабораторних умовах.

Рис. 2. Перевірка на міцність магістрального трубопроводу за допомогою програми Rore

Відомо [3], що початкові значення зміни показів застосовуваних приладів істотно залежать від структурно-фазового складу металу з'єднання. Наприклад для низьколегованих трубних сталей зона термічного впливу (ЗТВ) зварного з'єднання складається з таких ділянок: неповної перекристалізації (неоднорідна структура, яка складається з порівняно великих зерен фериту, що не пройшли перекристалізацію в аустеніт під час нагрівання, та дрібнозернистої суміші фериту і перліту), нормалізації (дрібнозерниста феритно-перлітна суміш), перегріву (крупнозернисті продукти розпаду аустеніту, переважно феритно-перлітна суміш та відманштеттова структура).

Саме для цього призначений окремий програмний додаток – **тарування** (рис. 1). Однак, на відміну від загальноприйнятих підходів, він значно ширше враховує специфіку досліджень напружень в околі зварного шва та реалізований так:

- визначення структурно-фазового складу і лінійних розмірів ділянок ЗТВ зварного з'єднання;
- виготовлення спеціально змодельованих зразків – імітаторів, що відображають різні ділянки ЗТВ;
- побудова тарувальних залежностей.

Детальний опис отримання зразків – імітаторів наведено в роботі [3].

Для наближеного врахування впливу різних ділянок ЗТВ зварного з'єднання, що знаходяться в досліджуваній під давачем області, та визначення напружень нами запропоновано такий підхід. Спочатку роботи виконують в польових умовах. Тут виконуються такі операції: 1) металографічний аналіз зварного з'єднання. Підготовка поверхні виконувалася механічним способом. При цьому необхідним є хімічне травлення полірованої поверхні 4 % HNO_3 в C_2H_5OH . Макро- і мікро-структури виявляли при $\times 100$ збільшенні; 2) визначення лінійних розмірів ЗТВ. Для цього застосо-

вувався спеціально сконструйований та виготовлений на базі мікрометричної скоби пристрій [3]. Він містить оптичну систему, яка забезпечує необхідне збільшення ($\times 100$) досліджуваної поверхні та може переміщатися на відстані 20 мм із кроком 0,01 мм; 3) зняття показів приладів для визначення напружень у навколошовних ділянках. При кожному вимірюванні виконувалася обов'язкова фіксація відстані від осі шва до геометричного центра давача. Отримана інформація дає змогу визначити найвагоміші (з погляду впливу на початкові покази приладів неруйнівних методів) структурні складові та вибрати мінімально необхідну кількість зразків – імітаторів.

У лабораторних умовах виконують такі операції: 1) тарування еталонного зразка; 2) отримання шляхом імітацією термічного циклу зварювання відповідного структурно-фазового складу визначених ділянок ЗТВ на окремих зразках – імітаторах; 3) мінімізація рівня можливих залишкових напружень на зразках – імітаторах та визначенням на них початкового значення показів приладу. Усереднене початкове значення в досліджуваній під давачем області зварного з'єднання (N_0^{cep}) розраховується за такою формулою:

$$N_0^{cep} = \frac{1}{\Psi} \sum_{i=1}^n \delta_i \cdot \Psi_i \cdot N_0^i,$$

де Ψ – область зварного з'єднання досліджувана давачем, Ψ_i , N_0^i , δ_i – відповідно ваговий множник, область та початкові покази приладу окремої ділянки зварного з'єднання.

Для методів, які вимірюють напруження в поверхневих шарах металу (магнітний), область у формулі виражається через досліджувану давачем площу металу, а для методів, які вимірюють напруження в деякому об'ємі (ультразвуковий), область у формулі виражається через досліджуваний під давачем об'єм зварного з'єднання;

4) визначення напруженого стану. Залежно від кількості вимірювань, структурно-фазового складу та лінійних розмірів ЗТВ можливе отримання декількох усереднених значень початкових показів приладу. Це необхідно враховувати під час обчислення напружень із застосуванням формули.

Обробка отриманої експериментальної та розрахункової інформації виконується за допомогою спеціально розроблених алгоритмів. При цьому до даних можуть бути застосовані такі методи: розклад в ряд Фур'є, сплайни, інтерполяція поліномом, інтерполяція дробовою функцією, апроксимація поліномом, апроксимація експоненціальними функціями, інтегрування, диференціювання, статистична обробка. Всі вхідні дані та результати їх обробки можуть бути відображені графічно. Можливе накладання графіків, зміна масштабу, зберігання графічних результатів у вигляді BMP файлів з подальшим використанням у технічній документації.

Експериментально-розрахунковий метод визначення напружень у зварних з'єднаннях магістральних трубопроводів реалізований на основі математичної моделі, що подана в роботах [1, 2, 5]. Він дає змогу визначити поле залишкових напружень у зварних з'єднаннях, що виконанні одностороннім способом без розроблення або із V-подібним розробленням крайок. При визначенні поля напружень використовується інформація із експериментального блока, а попереднє наближення до прогнозованого рівня напружень виконується на основі даних розрахункового блока.

Висновки

Отже, в роботі отримано такі результати. Розроблено та реалізовано програмне забезпечення для визначення експлуатаційних навантажень на стінки труби магістрального трубопроводу згідно з нормативною документацією. Запропоновано методику визначення напруженого стану в зварних з'єднаннях із врахуванням змін структурно-фазового складу матеріалу труби під дією термодеформаційного циклу зварювання. Розроблено систему експериментально-розрахункового визначення напруженого стану зварних стиків магістральних трубопроводів.

Запропонований підхід та пакет прикладних програм для ПК має високу ефективність та швидку дію, що дає можливість оперативно здійснювати багатоваріантні дослідження. Перевірка в польових умовах виконувалася при діагностуванні стану зварних з'єднань на магістральних газопроводів УМГ "Львівтрансгаз" при впровадженні на підприємстві комплексного проведення обстеження технічного стану трубопроводів мобільними діагностичними бригадами [6].

Перспективною розвідкою запропонованого підходу є розширення типорозмірів досліджуваних зварних з'єднань конструкцій.

1. Подстригач Я.С., Осадчук В.А. Исследование напряженного состояния цилиндрических оболочек, обусловленного заданным тензором несовместных деформаций и его приложения к определению сварочных напряжений // Физ.- хим. механика материалов. – 1968. – 4, № 4. – С. 400–407. 2. Палаш В.М., Юськів В.М., Дзюбик А.Р. Напряжения у трубах, з'єднаних зварним кільцевим швом // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2000. – № 4. – С. 118–121. 3. Стандарт підприємства "Галузева система діагностичного обслуговування магістральних газопроводів" СТП 320.30019801.000-2002, ДК "Укртрансгаз", 2002. – 175 с. 4. Банахевич Ю.В., Юськів В.М., Дзюбик А.Р. Дослідження напруженого стану в зварних з'єднаннях труб із врахуванням структурних змін // Науковий вісник національного технічного університету нафти і газу. – 2003. – С. 118–120. 5. Дзюбик А.Р. Визначення напруженого стану кільцевих зварних з'єднань магістральних трубопроводів // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2000. – Т. 5. – № 3. – С. 19–23. 6. Коваль Р.И., Банахевич Ю.В. Зубик Й.Л., Кычма А.А., Дзюбик А.Р. Диагностика технического состояния магистральных газопроводов УМГ "Львовтрансгаз" // Труды 12 – Международной конференции «Диагностика 2002», Турция. – 2002. – Т.3. – С. 118–122.

УДК 691.002.5

В.М. БОРОВЕЦЬ, Б.М. САВЧИН, П.С. КОРУНЯК

ВІБРАЦІЙНА ПЛОЩАДКА ДЛЯ ЖОРСТКИХ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ

© Боровець В.М., Савчин Б.М., Коруняк П.С., 2004

A problem of vibration compression of concrete mixture is considered in the given article, in forms of small capacity, and ways of its decision are definite. The analysis of existent equipment gave possibility to offer construction of vibration making a more compact machine for production of sidewalk tile with drive on two harmonically vibrations.

Формування залізобетонних виробів належить до основних технологічних процесів у виробництві будівельних матеріалів, де широко використовуються вібраційні технології й устаткування. У зв'язку з цим питання оптимізації параметрів динамічного навантаження бетонної суміші з метою підвищення якості, зниження енергоємності і створення надійного віброформувального устаткування розглядаються у багатьох роботах.

Бетонні суміші за своїми реологічними властивостями можуть бути, в основному, класифіковані на рухомі, малорухомі жорсткі і підвищеної жорсткості [5]. Рухомі суміші добре заповнюють форму, але вони мають великий вміст вологи, що значною мірою погіршує якість готового виробу. Застосування твердих бетонних сумішей дає велику економію в'язких матеріалів (цементу), але вимагає значного механічного впливу — тиску навантаження. Суміші підвищеної твердості не виявляють достатньою мірою, навіть при інтенсивній і досить тривалій вібрації, тіксотропні властивості, і під час формування ці суміші вимагають додаткового механічного навантаження, що повинне здійснюватися одночасно з вібруванням (віброштампування, вібропресування та ін.).