

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Ковальчука Максима Олександровича**
«Структуроутворення та властивості зварних з'єднань різнотипних поліетиленів
і розробка технології ремонту поліетиленових трубопроводів»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

1. Актуальність тематики дослідження.

Метод зварювання нагрітим інструментом встик застосовується для зварювання поліетиленових труб в процесі будівництва водо- та газопроводів. Існуюча технологія передбачає зварювання лише поліетиленів однакових марок. Водночас, постає необхідність ремонту існуючих трубопроводів, які побудовані із марок поліетиленів, що наразі вже не виробляються. Відповідно існує необхідність у технології зварювання різнотипних поліетиленів. Задля отримання такої технології, необхідним є дослідження особливостей структури та властивостей зварних з'єднань труб із різнотипних поліетиленів. Робота здобувача присвячена дослідженню структури, морфології, теплофізичних, термомеханічних та експлуатаційних властивостей зварних з'єднань різнотипних поліетиленів, сформованих шляхом зварювання нагрівальним інструментом встик, а також розробленню дослідного зразка двозонного нагрівального інструменту для зварювання труб із різнотипних поліетиленів.

В роботі наведені результати досліджень впливу параметрів зварювання нагрітим інструментом встик, часу та факторів робочого середовища на структуру та властивості зварних з'єднань труб із різнотипних технічних поліетиленів. Представлено розроблену методику прогнозування тривалості надійної експлуатації зварних з'єднань труб із різнотипних поліетиленів. Розроблено та випробувано дослідний зразок двозонного нагрівального інструменту задля забезпечення можливості ремонту трубопроводів із різнотипних поліетиленів для подовження їх термінів експлуатації.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконувалась у відділі зварювання пластмас Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України згідно з планами науково-дослідних програм, зокрема: «Розробка технологій зварювання труб, листів та плівок із полімерних композиційних матеріалів, створення нового

зварювального обладнання з використанням сучасних способів керування та дозування енергії» (2016 – 2019 рр., номер державної реєстрації 0116U004220).

3. Оцінка змісту дисертаційної роботи та її завершеності.

Дисертаційна робота є логічно побудованим дослідженням, що цілковито описує проблеми, що виникають при зварюванні різнотипних поліетиленів, їх причини та шляхи вирішення. Робота складається з анотації (українською та англійською мовами), вступу, де зазначається актуальність, новизни, мети та завдання дослідження, п'яти розділів з висновками за кожним з них, загальних висновків та списку використаних джерел.

Дисертаційне дослідження виконано за наступним планом: аналіз наявних досліджень зі зварювання різнотипних полімерів, зокрема поліетиленів (розділ 1); підбір матеріалів та методик дослідження (розділ 2); дослідження особливостей структури та властивостей технічних поліетиленів марок ПЕ-63, ПЕ-80 та ПЕ-100 (розділ 3); розроблення двозонного нагрівального інструменту (розділ 4); проведення експериментальних зварювальних робіт за допомогою двозонного нагрівального інструменту та розробка технологічних рекомендацій з його використання (розділ 5).

У вступі дисертаційної роботи зазначено мету дослідження, що полягає в дослідженні структури та властивостей зварних з'єднань різнотипних поліетиленів ПЕ-63/ПЕ-80 та ПЕ-63/ПЕ-100, сформованих шляхом зварювання однозонним нагрітим інструментом встик, а також розробленні дослідного зразка двозонного нагрівального інструменту для зварювання різнотипних поліетиленів для ремонту трубопроводів. Зазначені предмет дослідження, актуальність, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

Перший розділ дисертаційної роботи описує наявні дослідження зі зварювання різнотипних і однотипних полімерів, зокрема поліетиленів та перспективи застосування технології зварювання різнотипних поліетиленів. Описано особливості як поліетиленової сировини марок ПЕ-63, ПЕ-80 та ПЕ-100 так і проблеми, що виникають при їх стиковому зварюванні.

У другому розділі представлено опис використаних у дослідженні матеріалів. Зазначені методики дослідження та особливості проведення експериментів. Представлено процес підготовки зразків для досліджень.

У третьому розділі наведено результати моделювання температурних полів при тепловому зварюванні труб із різнотипних поліетиленів. Досліджено структуру та термомеханічні властивості зварних з'єднань труб із них.

Встановлено відмінність у теплофізичних, структурних та експлуатаційних характеристиках технічних поліетиленів ПЕ63, ПЕ-80 та ПЕ-100. Проведено експериментальні роботи по зварюванню зразків труб з різнотипних поліетиленів. Представлено методику короткострокового випробування стикових зварних з'єднань труб із різнотипних поліетиленів задля оцінки їх довговічності.

Розділ чотири присвячений розробці та випробуванню двозонного нагрівального інструменту. Наведено результати математичного моделювання температурних полів при зварюванні двозонним нагрівальним інструментом труб із різнотипних поліетиленів. Показано, що для зварювання різнотипних поліетиленів оптимальними є різні температури на поверхні нагрівального інструменту. Розроблено та випробувано двозонний нагрівальний інструмент, який дозволяє встановлювати оптимальні параметри зварювання для кожної труби окремо.

У розділі п'ять представлено результати експериментальних робіт зі зварювання для випробування двозонного нагрівального інструменту. Розроблено технологічні рекомендації щодо використання дослідного зразка нагрівального інструменту в складі універсального устаткування для зварювання поліетиленових труб.

4. Обґрунтованість наукових положень.

До найбільш суттєвих наукових результатів, що отримані автором слід віднести:

1. Проведення комплексних досліджень теплофізичних властивостей технічних поліетиленів різних марок, а саме ПЕ-63, ПЕ-80 і ПЕ-100. Виявлення суттєвих для процесу зварювання відмінностей у їх теплофізичних характеристиках, які мають бути враховані при ремонті полімерних трубопроводів. Проведення морфологічних та механічних досліджень зварних з'єднань поліетиленових труб у комбінаціях поліетиленів трубних марок ПЕ-63/ПЕ-80, та ПЕ-63/ПЕ-100. За результатами досліджень – визначення впливу їх теплофізичних властивостей та параметрів процесу зварювання на морфологічну структуру та якість зварних з'єднань різнотипних поліетиленів.

2. Методами рентгеноструктурного та термомеханічного аналізу показано, що з часом зварні з'єднання з різнотипних поліетиленів, які були отримані за традиційною технологією, зазнають структурних змін, що спричиняє зміни їх термомеханічних та експлуатаційних властивостей. Виявлено, що найбільших

змін в структурі та термомеханічних властивостях зазнають зварні з'єднання ПЕ-63/ПЕ-100, при цьому найбільші зміни в механічній міцності характерні для зварних з'єднань ПЕ-63/ПЕ-80.

3. Розроблену методику випробувань зварних з'єднань труб із різнотипних поліетиленів на ріст тріщин під дією постійного навантаження в поверхнево-активних речовинах. Розроблена методика може бути рекомендована для оптимізації режимів зварювання полімерів різних типів.

4. Проведення математичного моделювання теплових процесів при зварюванні різнотипних труб двозонним нагрівальним інструментом. Сформульований критерій оптимальності формування зварного з'єднання із різних поліетиленів та визначення оптимальних значень температур робочих поверхонь для кожного з них.

5. Розроблення та виготовлення двозонного нагрівального інструменту з можливістю автономного регулювання температури на кожній з двох робочих поверхонь, призначеного для зварювання полімерних труб із різнотипних поліетиленів. Оптимізовані параметри процесу зварювання, що забезпечують оптимальне формування та механічну міцність різнотипних стикових зварних з'єднань труб.

6. Розроблення технологічних рекомендацій використання дослідного зразка нагрівального інструменту в складі універсального устаткування для зварювання труб із однотипних та різнотипних поліетиленів.

5. Достовірність отриманих результатів, наукових положень, висновків та рекомендацій.

В роботі використані експериментальні та розрахункові методи досліджень, що в повній мірі свідчать про достовірність отриманих результатів. Результати проведених досліджень забезпечують цілковиту повноту даних. Наукові положення та висновки, представлені в роботі базуються на результатах власних досліджень здобувача.

6. Практична цінність роботи.

Наведені в дисертаційній роботі результати досліджень та розроблене обладнання дозволяють забезпечити можливість зварювання і ремонту поліетиленових трубопроводів, виготовлених із застарілої марки поліетилену ПЕ-63 з новими марками, такими як ПЕ-80 та ПЕ-100 без необхідності перебудови всього трубопроводу. Розроблена в роботі розрахунково-

експериментальна методика надає можливість прогнозування терміну безпечної експлуатації зварних з'єднань труб із різнотипних поліетиленів. Розроблений двозонний нагрівальний інструмент дозволяє забезпечувати різну температуру на своїх двох поверхнях для врахування різниці в теплофізичних характеристиках матеріалів для випадку стикового зварювання різнотипних поліетиленів. Інструмент забезпечує покращені якісні характеристики отриманих з'єднань.

7. Повнота викладення основних результатів та висновків в опублікованих працях.

Основний зміст дисертаційної роботи викладено в 14 наукових працях, які включають 1 розділ у монографії, 7 статей у наукових фахових виданнях (3 включені до міжнародної наукометричної бази даних Scopus). Отримані в рамках дисертаційної роботи результати досліджень апробовано на 6 міжнародних та вітчизняних науково-практичних конференціях. За результатами доповідей опубліковано відповідні тези доповідей.

8. Відповідність дисертаційної роботи спеціальності.

Дисертаційна робота по змісту відповідає спеціальності 132 «Матеріалознавство», за якою вона представлена до захисту.

Разом із важливими науково-технічними результатами робота має і зауваження, а саме:

1. У пункті 4 «Завдання» слід було б писати про вперше запропонований, або розроблений двозонний нагрівальний інструмент.

2. В розділі 1 багато уваги приділено можливості застосування при перекачуванні по поліетиленовим трубам водню, або його сумішей. Відмічено, що для цього можна використовувати поліетилен марки ПЕ-100. Робота присвячена одночасному використанню поліетиленів марок ПЕ-63/ПЕ-80 і ПЕ-63/ПЕ-100. Поліетилен ПЕ-63 має схильність до утворення мікротріщин, що не допустимо при перекачуванні по таким трубам водню і його сумішей. Для чого тоді говорити про водень?

3. Перед і після рис. 3.4 говориться про отримані системи лінійних алгебраїчних і лінійних диференціальних рівнянь та про їх вирішення, без представлення самих отриманих систем рівнянь і без пояснень цього.

4. В підрозділі 3.2 наведена морфологія зварних з'єднань полімерних труб, виготовлених з технічних марок поліетилену ПЕ-63, ПЕ-80 та ПЕ-100

після 1 року знаходження в експериментальних середовищах, але для порівняння і надання обґрунтованих висновків, не наведена їхня морфологія одразу після зварювання.

5. У розділі 3 здійснені випробування на руйнування зварних швів виконаних двозонним нагрівальним інструментом, але цей інструмент вперше описується у наступному розділі 4. Тому цей матеріал доцільно було б приводити в розділі 4.

6. Рівняння (3.1)...(3.9) і рівняння (4.1)...(4.9) та пояснення до них, як і рис. 3.1 і 4.1 та рис. 3.4 і 4.4 із відповідних розділів 3 і 4 ідентичні одне одному. В розділі 4 їх не треба було повторювати, а дати посилання на розділ 3.

7. Присутні дрібні зауваження. У ряді формул описані не всі змінні, а пояснення позначень змінних у формулах зазвичай написані в рядок, один за одним, а повинні бути в окремих рядках. Відсутні знаки пунктуації після формул. На рис. 3.7 і 3.8 розглянуті залежності ПЕ-80/ПЕ-63, а на рис. 3.9 і 3.10 залежності ПЕ-63/ПЕ-100. Не варто було дзеркально відображати розташування поліетилену ПЕ-63. До того ж порушено послідовність надання споріднених рисунків 3.7 і 3.10 й рис. 3.8 і 3.9. Написи на кривих рис. 3.20 і 3.21 настільки дрібні, що не читаються. На рис. 3.11 не позначені криві залежностей та немає пояснень для кривих на рис. 4.3. До формули (3.15) надані пояснення для величин, не присутніх у ній. Зустрічаються злиті слова у тексті.

Зазначені зауваження не знижують високого наукового рівня дисертації та в цілому не впливають на позитивну оцінку роботи.

Загальні висновки.

Аналіз дисертаційної роботи вказує на те, що вона є самостійним завершеним науковим дослідженням, в якому отримано нові актуальні і обґрунтовані дані.

Сама дисертаційна робота виконана на високому науково технічному рівні та дозволяє вирішити актуальне і нагальне питання зварювання і ремонту поліетиленових трубопроводів, виготовлених з поліетилену ПЕ-63 з поліетиленами сучасних марок ПЕ-80 та ПЕ-100.

Вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету

міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор, **Ковальчук Максим Олександрович** – заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

Рецензент:

провідний науковий співробітник
відділу № 56 «Фізика газового розряду та електротермії»
Інституту електрозварювання
ім. Є.О. Патона НАН України,
докт. техн. наук



Сергій РИМАР

Підпис пр.н.с., д.т.н. Сергія Римара засвідчую.
Учений секретар Інституту електрозварювання
ім. Є.О. Патона НАН України,
канд. техн. наук



Ілля КЛОЧКОВ