

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу Ковальчука Максима Олександровича  
«СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ  
РІЗНОТИПНИХ ПОЛІЕТИЛЕНІВ І РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ  
ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБОПРОВОДІВ», представлену на здобуття наукового  
ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за  
спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

### **Актуальність теми дисертації**

При ремонті та реконструкції існуючих трубопроводів, які виготовлені з композитного поліетилену типу ПЕ-63, існує небезпека руйнування їх зварних з'єднань з часом. Оскільки майже 100% труб та з'єднувальних деталей, що в даний час використовуються для будівництва трубопроводів з пластмас, виготовляються з композитних поліетиленів ПЕ-80 і ПЕ-100, актуальною є проблема зварювання різнотипних марок поліетиленів. Наведені марки трубних поліетиленів та виготовлені з них з'єднувальні деталі мають різні фізико-механічні властивості, а тому потребують спеціальних технологічних параметрів процесу їх зварювання. Існуюча інформація про можливості зварювання труб та деталей з поліетиленових композитів різних типів, надійність та довговічність їх зварних з'єднань суттєво суперечлива та обмежена.

Тому дисертаційна робота Ковальчука М.О. присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі — встановленню закономірностей структуроутворення зварних з'єднань різнотипних поліетиленів ПЕ-63/ПЕ-80 та ПЕ-63/ПЕ-100 та розробці ефективної технології ремонту поліетиленових трубопроводів.

### **Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Сформульовані в дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно обґрунтовані здобувачем та викладені в доказовій формі. Здобувачем опрацьовано і осмислено значну кількість літературних джерел як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Для досягнення поставленої мети і сформульованих завдань роботи застосовані розрахункові та експериментальні методи наукових досліджень.

Зроблені у дисертації висновки та рекомендації є результатом всебічного та об'єктивного аналізу отриманих результатів досліджень, виконаних за допомогою сучасного наукового інструментарію. Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів дослідження, наукових положень та рекомендацій здобувача підтверджено їхньою апробацією та схваленням на міжнародних науково-практичних конференціях. Обґрунтованість наукових положень та достовірність отриманих результатів і висновків досліджень також підтверджується їх успішним використанням при розробленні технології ремонту трубопроводів із та технологічними випробуваннями зварних з'єднань різнотипних поліетиленів.



Отже, в дисертаційній роботі сформульовано наукові положення, висновки та рекомендації, в достатній мірі обґрунтовані здобувачем, викладені в належній доказовій формі та повністю відповідають вимогам МОН України, що висуваються до дисертаційних робіт на здобуття ступеню доктора філософії.

#### **Оцінка наукового рівня дисертації і наукових публікацій здобувача.**

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).

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), 6 тез доповідей на міжнародних та вітчизняних наукових та науково-практичних конференціях.

**Наукова обґрунтованість отриманих результатів, наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** В роботі використані розрахункові та експериментальні методи досліджень. Результати дослідження сформовані внаслідок проведення великої кількості розрахунків та експериментів. Висновки та наукові положення засновані на опрацьованих автором результатах власних досліджень, що підтверджує їх достовірність та є логічним підсумком отриманих результатів дослідження.

**Рівень виконання поставленого наукового завдання, оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.**

Методи дослідження, що використані в роботі відповідають сучасним вимогам до наукових досліджень. Структурні дослідження матеріалів поліетиленових труб досліджували методом ширококутового розсіювання рентгенівських променів на відбиття за допомогою рентгенівського дифрактометра XRD-7000 (Shimadzu, Японія), морфологію зварних з'єднань полімерних труб досліджували за допомогою оптичного поляризаційного мікроскопу Versamet-2, термічну стабільність і термоокислювальну деструкцію матеріалів поліетиленових труб досліджували методом термогравіметричного аналізу (ТГА) на приладі TGA Q50 виробництва компанії TA Instruments (США), Вивчення теплофізичних властивостей матеріалів поліетиленових труб проводили методом диференціальної сканувальної калориметрії (ДСК) на приладі DSC Q2000 в інертній атмосфері азоту, термомеханічну поведінку досліджуваних полімерних систем вивчали за допомогою приладу TMA Q400 EM виробництва компанії TA Instruments (США). Механічні дослідження зразків поліетиленових труб при одновісному розтягуванні проводили на випробувальній машині AGS-10kNX (Shimadzu, Японія), гідравлічні випробування зразків поліетиленових труб проводили на гідравлічному стенді IPT (Німеччина).



Загалом дисертаційну роботу Ковальчука М.О. виконано на високому науково-технічному рівні, вона містить достатній обсяг необхідних досліджень для вирішення поставленої мети, структура роботи є логічною та послідовною. Дисертаційна робота складається з анотації українською та англійською мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 142 сторінки і містить 61 рисунок, 13 таблиць та список з 128 використаних літературних джерел.

*У першому розділі* наведено огляд літературних джерел щодо наявних закордонних та вітчизняних досліджень зі зварювання різнотипних поліетиленів. Представлено загальні відомості про полімери, зокрема поліетилени, їх хімічні та експлуатаційні властивості. Наведено перспективи застосування зварних з'єднань різнотипних поліетиленів.

*У другому розділі* обґрунтовано вибір матеріалів: поліетилени марок ПЕ-63, ПЕ-80, ПЕ-100 та їх зварні з'єднання у комбінаціях марок ПЕ-63/ПЕ-80 та ПЕ-63/ПЕ-100. Зазначено процес підготовки зразків до досліджень та наведено перелік методів та методик досліджень: ширококутовий рентгеноструктурний аналіз (WAXS), термогравіметричний аналіз (TGA), диференціальна сканувальна калориметрія (DSC), термомеханічний аналіз (TMA), випробування на одновісний розтяг.

*У третьому розділі* наведено результати математичних розрахунків теплових полів при стиковому зварюванні однотипних поліетиленів. Розраховано час вирівнювання температури і кінетику в зоні розплаву в залежності від часу нагріву. Проведено експериментальні роботи по зварюванню зразків труб з різнотипних поліетиленів ПЕ-63, ПЕ-80 та ПЕ-100. Проведено морфологічні дослідження отриманих зварних з'єднань. Виявлено, що за характером зварного ґрату та наявністю лінії розділу у площині зварювання зварні з'єднання труб з різнотипних поліетиленів вони не відповідають умовам діючих норм. Методами рентгеноструктурного та термомеханічного аналізу показано, що з часом зварні з'єднання з різнотипних поліетиленів зазнають структурних змін, що спричинює подальші зміни їх експлуатаційних властивостей. Зроблено висновок, що для забезпечення гарантованої якості зварних з'єднань труб із різнотипних поліетиленів та подовження терміну експлуатації трубопроводів з них традиційний спосіб їх зварювання нагрітим інструментом потребує модернізації.

*У четвертому розділі* методом кінцевих елементів проведено математичне моделювання теплових процесів при зварюванні різнотипних поліетиленових труб двозонним нагрівальним інструментом. Сформульовано критерій оптимальності формування зварного з'єднання із різних поліетиленів та визначено оптимальні значення температури робочої поверхні для кожного з них. Показано, що для зварювання різнотипних поліетиленів оптимальними.

*У п'ятому розділі* вивчено основні властивості отриманих зварних з'єднань однотипних та різнотипних поліетиленових труб. Проведено механічні випробування на одновісний розтяг зварних з'єднань. Оптимізовано параметри процесу зварювання, що забезпечують оптимальне формування та механічну міцність різнотипних стикових зварних з'єднань поліетиленових труб.



### Практична цінність дисертаційної роботи

1. Вперше представлені результати досліджень структурних та експлуатаційних властивостей зварних з'єднань різнотипних поліетиленів, що можуть дати поштовх як для промисловості так і полімерного матеріалознавства в цілому.

2. Встановлено, що при стиковому зварюванні різнотипних поліетиленів, за рахунок різниці в фізико-механічних властивостях матеріалів, необхідне забезпечення різної температури на кожній з робочих поверхонь нагрівального інструменту.

3. Вперше розроблено математичну модель процесу зварювання труб із різнотипних поліетиленів секційним (двозонним) нагрівальним інструментом, який створює теплові потоки різної інтенсивності крізь торці кожної з труб і забезпечує розплавлення однакового об'єму матеріалу, необхідного для формування симетричного грату у зварному з'єднанні.

4. Розроблений в роботі двозонний нагрівальний інструмент та технологічні рекомендації з його використання дозволяють отримати якісні зварні з'єднання, що на 15% міцніші за зварні з'єднання, зварені за традиційною технологією.

В цілому робота справляє дуже позитивне враження, але є деякі зауваження:

1. В роботі зазначаються терміни «нагрівальний інструмент» та «нагрітий інструмент», що по суті мають на увазі одне й те саме. Вважаю за необхідне визначитись з термінологією, та вживати в роботі установлений варіант.

2. В роботі досліджено фізико-механічні властивості окремих матеріалів ПЕ-63, ПЕ-80 та ПЕ-100 та розглядаються випадки зварювання комбінацій ПЕ-63/ПЕ-80 і ПЕ-63/ПЕ-100. В той же час, не досліджено процес зварювання комбінації ПЕ-63/ПЕ-80. Вважаю доцільним провести наведені в роботі дослідження для комбінації ПЕ-80/ПЕ-100. Можливо, викласти отримані результати в наступних наукових роботах.

3. В розділі 3 представлені результати випробувань зразків у адсорбційно активному середовищі. В таблиці 3.10 наведені значення величини тріщини, що виникає в при вдавлюванні штифта в зону зварного з'єднання, в той же час, не вказана швидкість, з якою вдавлювали штифт.

4. В Розділі 4 дисертації представлено схему процесу стикового зварювання поліетиленових труб (рис.4.1.), яка вже була зазначена в Розділі 3. Доцільним було обмежитись посиланням на відповідний рисунок з попереднього Розділу.

5. В Розділі 5 дисертаційної роботи на рисунку 5.1. наведено процес контролю охолодження стику труб з різнотипних поліетиленів за допомогою тепловізора DT 980, в той же час, в Розділі 2 не вказано точність вимірювання даного приладу.

6. В Розділі 5 дисертаційної роботи представлена таблиця 5.1., яка наводить рекомендовані температури робочих поверхонь двозонного нагрівального інструменту в залежності від температури навколишнього середовища, в тому числі, для випадку зварювання за діапазону температур



навколишнього середовища  $-10 - 0^{\circ}\text{C}$ . Згідно діючих нормативів, зварні роботи не можна проводити при температурах навколишнього середовища менш ніж  $-5^{\circ}\text{C}$ . Пропоную обмежити наведений температурний діапазон в рамках  $-5 - 0^{\circ}\text{C}$ .

### ВИСНОВОК.

Дисертаційна робота Ковальчука М.О. «Структурутворення та властивості зварних з'єднань різнотипних поліетиленів і розробка технології ремонту поліетиленових трубопроводів» виконана на високому науково-технічному рівні, є самостійним та завершеним науковим дослідженням на більш ніж актуальну тему. Робота має значний прикладний потенціал, що полягає в забезпеченні можливості ремонту окремих ділянок поліетиленових трубопроводів без необхідності заміни всього трубопроводу.

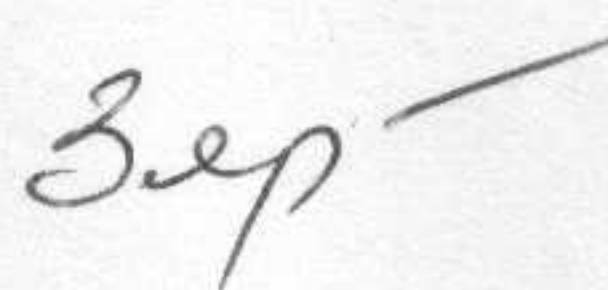
Дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор, Ковальчук Максим Олександрович – заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

Рецензент:

Зав. відділу № 26 «Стикове зварювання»

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України,

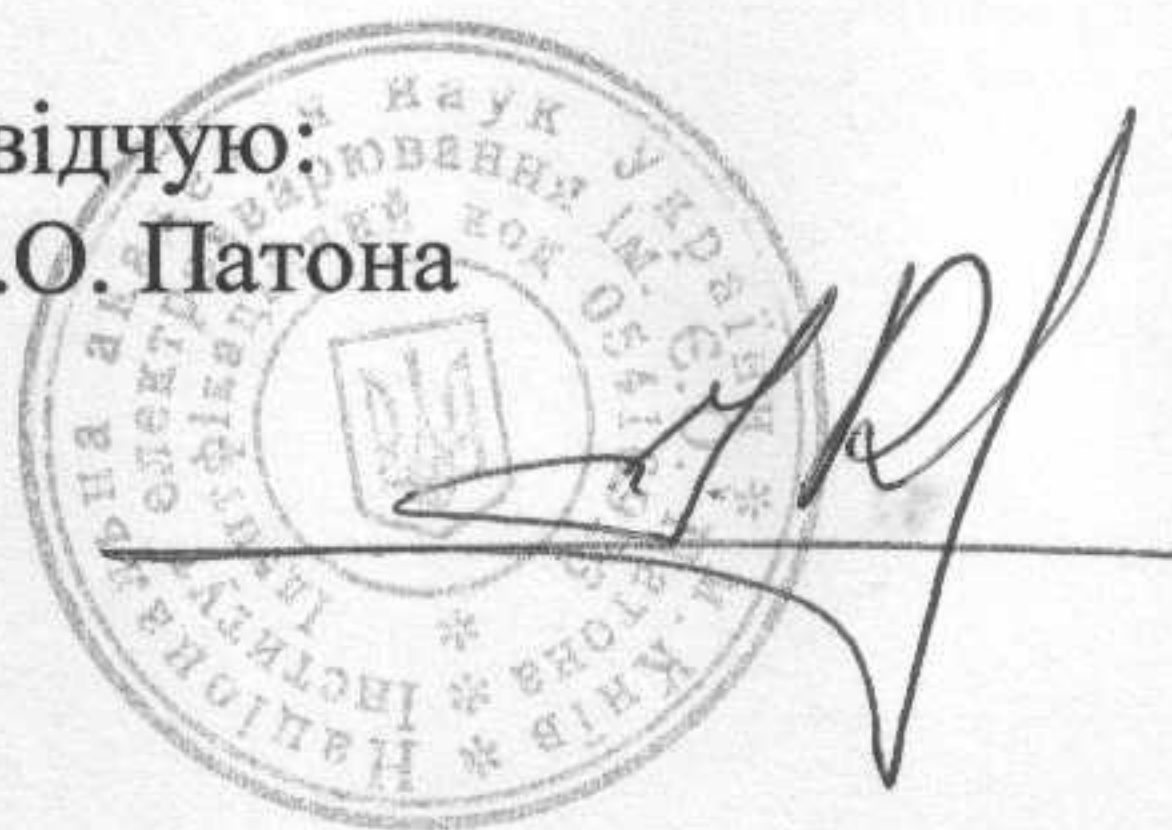
к.т.н., ст.н.с.

 Ігор ЗЯХОР

Підпис Ігоря ЗЯХОРА засвідчую:

Учений секретар ІЕЗ ім. Є.О. Патона

НАН України, к.т.н.



Ілля КЛОЧКОВ