

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу **Максима Олександровича Ковальчука**

«Структурування та властивості зварних з'єднань різнотипних поліетиленів
і розробка технології ремонту поліетиленових трубопроводів»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132
«Матеріалознавство»

Актуальність теми дисертації

На початку широкомасштабного будівництва та впровадження трубопроводів з пластмас різного призначення, в тому числі газопроводів, використовували труби з композитного поліетилену марки ПЕ-63. З плином часу постала необхідність ремонту таких трубопроводів. Однак, при ремонті та реконструкції існуючих трубопроводів, що виготовлені з композитного поліетилену типу ПЕ-63, виникає необхідність зварювання різнотипних марок поліетиленів, оскільки майже 100% труб що на сьогодні використовуються для будівництва трубопроводів виготовляються з композитних поліетиленів ПЕ-80 та ПЕ-100. Слід відзначити, що труби із різних композитних марок поліетиленів, за результатами попередніх досліджень, мають різні фізико-механічні властивості, а тому потребують спеціальних технологічних підходів до їх зварювання. Відповідно, існує необхідність розробки технології стикового зварювання різнотипних поліетиленів. Саме тому, проведення експериментальних та розрахункових досліджень процесів стикового зварювання різнотипних поліетиленів, розробка спеціальних технологій їх зварювання та методів прогнозування якості зварних швів є важливими питаннями, які набувають додаткової актуальності, з огляду на повномасштабне вторгнення Росії в Україну.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів та списку використаних джерел. Відповідно до формальних вимог до дисертаційних робіт, у *вступі* наведено мету роботи, перелік завдань досліджень, відзначено наукову новизну, актуальність тематики дослідження, предмет дослідження, методи дослідження, практичне значення отриманих результатів. Зазначено зв'язок роботи з науковими програмами, особистий внесок здобувача, вказано публікації та інформацію про апробацію результатів роботи, а також, вказано структуру та обсяг дисертаційної роботи.

У *першому розділі* викладено аналіз літературних джерел щодо наявних вітчизняних та закордонних досліджень особливостей зварювання різнотипних поліетиленів. Наведено інформацію про структуру полімерів, зокрема, технічних поліетиленів різних марок. Представлено інформацію про перспективи застосування поліетиленових матеріалів.

Другий розділ присвячено методичним аспектам роботи. Наведено інформацію про характеристики використаних у роботі матеріалів. Представлено методи та механізми досліджень. Зазначені характеристики обладнання, що використовувалось в ході досліджень. Описано проведені для підготовки зразків маніпуляції.

У *третьому розділі* представлено результати математичних розрахунків температурних полів при стиковому зварюванні. Наведено результати фізико-механічних та структурних досліджень технічних поліетиленів марок ПЕ-63, ПЕ-80 та ПЕ-100. Проведено експериментальні роботи зі стикового зварювання зразків труб з різнотипних поліетиленів у комбінаціях ПЕ-63/ПЕ-80 та ПЕ-63/ПЕ-100. Проведено морфологічні дослідження отриманих зварних з'єднань. Встановлено відмінність у розмірах валиків зварного грату, що є недопустимим

згідно діючих нормативних документів. 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. На базі отриманих результатів, 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 наведено результати математичного моделювання теплових процесів при зварюванні різнотипних поліетиленових труб двозонним нагрівальним інструментом. Визначено оптимальні значення температури робочих поверхонь двозонного нагрівального інструменту при стиковому зварюванні технічних поліетиленів у комбінаціях ПЕ-63/ПЕ-80 та ПЕ-63/ПЕ-100.

У п'ятому розділі представлено результати зварювальних експериментів з використанням двозонного нагрівального інструменту. Проведено аналіз даних, отриманих при випробуванні зразків зварних з'єднань різнотипних поліетиленів на одновісний розтяг. Оптимізовано температурні параметри процесу зварювання. Встановлено, що при стиковому зварюванні різнотипних поліетиленів з використанням двозонного нагрівального інструменту, міцність зварних з'єднань є на 15% більшою.

Оцінювання мови та стилю дисертаційної роботи

Дисертаційна робота написана українською мовою, текст викладено зрозуміло, логічно та послідовно. Дисертація оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» (з внесеними згідно наказу МОН України від 31 травня 2019р. №759 змінами).

Положення наукової новизни та практичне значення результатів роботи

До результатів, отриманих здобувачем в ході виконання дисертаційної роботи, та мають **наукову новизну**, відносяться наступні:

1. Вперше розрахунковим шляхом встановлено що при зварюванні однозонним нагрівальним інструментом встик різнотипних поліетиленів ПЕ-63/ПЕ-80 і ПЕ-63/ПЕ-100 має місце нерівномірність температурних полів у зоні формування зварного з'єднання, а саме:

- при нагріванні комбінації ПЕ-63/ПЕ-80 різниця температур торців труб із ПЕ-80 і ПЕ-63 становить $\Delta=9...10^{\circ}\text{C}$ у момент закінчення процесу нагрівання при $t=75$ с, $\Delta=8...9^{\circ}\text{C}$ у момент з'єднання торців на початку стискання труб при $t=78$ с, і $\Delta=5...6^{\circ}\text{C}$ після охолодження при $t=200$ с;

- при нагріванні комбінації ПЕ-63/ПЕ-100 різниця температур торців труб із ПЕ-100 і ПЕ-63 становить $\Delta=10...11^{\circ}\text{C}$ у момент закінчення процесу нагрівання при $t=75$ с, $\Delta=9...10^{\circ}\text{C}$ у момент з'єднання торців на початку стискання труб при $t=78$ с, і $\Delta=7...8^{\circ}\text{C}$ після охолодження при $t=200$ с.

2. Вперше встановлено особливості аморфно-кристалічної структури зварних з'єднань різнотипних поліетиленів ПЕ-63/ПЕ-80 та ПЕ-63/ПЕ-100, які були отримані з використанням однозонного нагрівального інструменту та перебували в робочому середовищі протягом двох років. Виявлено зміну інтенсивностей дифракційних максимумів, які відповідають кристалографічним площинам з індексами (111) та (200) для зварних з'єднань ПЕ-63/ПЕ-100, які знаходились на повітрі та у ґрунті.

3. Виявлено зміни термомеханічної та теплофізичної поведінки зварних з'єднань різнотипних поліетиленів, які були отримані з використанням однозонного нагрівального інструменту. Проаналізовано температурні переходи

склування та плавлення, а також процеси термоокислювальної деструкції у зварних з'єднаннях різнотипних поліетиленів.

4. 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. Розрахунковим шляхом визначено, що для зварювання ПЕ-63 та ПЕ-100 ця умова забезпечується при розташуванні ізоляції, яка відповідає температурі максимуму теплоємності (138°C), на однаковій відстані від торців в момент початку осадження труб.

Практичне значення результатів роботи полягає в наступному:

1. Отримані результати та зварювальне обладнання дозволяють забезпечити можливість ремонту поліетиленових трубопроводів, виготовлених із «старих» марок поліетилену без необхідності перебудови всього трубопроводу.

2. Розроблена розрахунково-експериментальна методика прогнозування тривалості експлуатації зварних з'єднань труб із різнотипних поліетиленів.

3. Розроблено метод випробування стійкості до тріщин зразків стикових зварних з'єднань поліетиленових труб дією постійного локального навантаження.

4. Розроблено та випробувано двозонний нагрівальний інструмент з можливістю автономного регулювання температури на кожній з двох робочих поверхонь.

5. Розроблено технологічні рекомендації з використання дослідного зразка двозонного нагрівального інструменту в складі універсального устаткування для зварювання труб із однотипних та різнотипних поліетиленів.

Оцінювання ступеню обґрунтованості результатів дисертаційної роботи, її достовірності та наукової новизни

Здобувачем продемонстровано високий рівень досліджень актуальної проблеми ремонту поліетиленових трубопроводів. Запропоновано інноваційні шляхи вирішення поставлених в роботі задач. Положення, сформовані в науковій новизні в достатній мірі обґрунтовані та узгоджуються з результатами, представленими в світовій літературі, що підтверджено критичним аналізом сучасних літературних джерел та нормативних документів.

Повнота викладення матеріалу та оприлюднення результатів дисертаційної роботи

За результатами дисертаційної роботи опубліковано 14 наукових праць, серед яких: 1 розділ монографії, 7 статей у наукових фахових виданнях, 6 тез доповідей на міжнародних та вітчизняних наукових та науково-практичних конференціях. 3 роботи включені до міжнародної наукометричної бази даних Scopus).

Представлені в дисертаційній роботі наукові результати повністю висвітлено у наукових публікаціях здобувача та відповідають пункту 9 «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.

За критичним аналізом дисертаційної роботи здобувача сформульовано низку зауважень:

1. В роботі представлені результати зварювальних експериментів та досліджень для випадків стикового зварювання різнотипних поліетиленів у комбінаціях ПЕ-63/ПЕ-80 та ПЕ-63/ПЕ-100. В той же час не наведено результати подібних досліджень для зварювання комбінації ПЕ-63/ПЕ-80.

2. На рисунках 3.9. та 4.6 наведено ізолінії температурних полів, в той же час, не зазначене програмне забезпечення, що використовувалось при розрахунках представлених теплових процесів.

3. На рисунку 4.8 наведені фотографії зварних з'єднань в інфрачервоному спектрі електромагнітного випромінювання без позначення розмірностей для оцінки ступеню прогріву торців труб при зварюванні. Схожа ситуація має місце для рисунку 5.5.

4. На рисунку 3.16 наведене дефектне зварне з'єднання, що виникає при недостатньому прогріві торців труб, в той же час, не зазначено, для яких матеріалів мав місце дефект.

5. В розділі 5 повторно представлені фотографії зварних з'єднань з однотипних поліетиленів, в той час, як сам розділ присвячений оптимізації двозонного нагрівального інструменту. Слід було посилались на розділ 3, в якому представлені подібні фотографії.

6. Рисунки 3.17, 3.18 та 3.19, на яких представлено результати ширококутового рентгеностурного аналізу мають низьке розширення, що ускладнює їх аналіз.

Наведені зауваження не є критичними та не впливають на загальну концепцію, високу оцінку та позитивне враження від дисертаційної роботи.

Висновки

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Ковальчука Максима Олександровича на тему «Структуроутворення та властивості зварних з'єднань різнотипних поліетиленів і розробка технології ремонту поліетиленових трубопроводів» не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням. В роботі вирішено актуальну науково-технічну задачу з забезпечення можливості ремонту поліетиленових трубопроводів, а наведені результати досліджень зварних з'єднань з різнотипних поліетиленів є вагомими для полімерного

матеріалознавства. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам, передбаченим в «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.

Здобувач Ковальчук Максим Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

Опонент:

доцент кафедри

прикладної фізики

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського,

кандидат фізико-математичних наук

Володимир ДОЛГОШЕЙ

