

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ БАГАТОШАРОВИХ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ТРУБОПРОВІДІВ

К. І. Бовтун^{1, 2, a}, М. О. Ковальчук², М. В. Юрженко², В. Б. Долгошей¹

¹ Навчально-науковий Фізико-технічний інститут

² Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

Анотація

Полімерні труби є невід'ємною частиною сучасної інфраструктури, особливо в умовах необхідності швидкого відновлення трубопроводних мереж. Ця стаття досліджує основні типи полімерних труб, методи їх зварювання, а також стандарти та методи випробувань, що забезпечують їхню надійність. Особлива увага приділяється стиковому зварюванню нагрітим інструментом як одному з найефективніших способів з'єднання полімерних труб.

Ключові слова: полімерні труби, полімери, зварювання, стандарти, випробування.

Вступ

З розвитком технологій полімерні труби стають все більш популярними у водопостачанні, каналізаційних системах і газопроводах завдяки їхній стійкості до корозії, легкості монтажу та довговічності. Однак, для забезпечення високої надійності таких трубопроводів важливо розробити ефективні технології їх зварювання. Основною метою цієї роботи є дослідження та вдосконалення технологічних підходів для зварювання пластикових труб.

1. Види полімерних труб та їх характеристики

1.1. Полімерні труби: поліетилен, поліпропілен, ПВХ та інші

Основними матеріалами для виготовлення полімерних труб є поліетилен (PE), поліпропілен (PP), полівінілхлорид (ПВХ) та полібутилен (PB). Поліетиленові труби відзначаються високою гнучкістю та стійкістю до низьких температур, поліпропіленові — термостійкістю до $+95^{\circ}\text{C}$, а ПВХ-труби мають високу механічну міцність і стійкість до ультрафіолетового випромінювання. Комбіновані полімерні труби поєднують міцність металу і гнучкість пластику, що робить їх придатними для спеціалізованих інженерних систем [1, 2, 3, 4].

1.2. Розробка нового типу полімерних труб

Компанія "ЕЛПЛАСТ" спільно з Інститутом електрозварювання ім. Є. О. Патона працює над створенням інноваційного виду полімерних труб, які на-

ведені на рис. 1. Новий тип полімерних труб поєднує найкращі властивості матеріалів PE 100 та PE 100 RC. Завдяки використанню PE 100 труби мають підвищену гнучкість, що полегшує їх монтаж у складних умовах, тоді як PE 100 RC забезпечує підвищену стійкість до механічних пошкоджень і зовнішніх впливів, що робить ці труби придатними для систем гарячого водопостачання, опалення та інших інженерних мереж. Крім того, новий тип труб демонструє високу міцність, довговічність та універсальність у застосуванні.

2. Технології зварювання полімерних труб

2.1. Основні методи зварювання полімерних труб

Методи зварювання полімерних труб вибираються з урахуванням типу матеріалу, умов експлуатації та вимог проекту. Основні методи включають [5, 6, 7, 8]:

- Стикове зварювання нагрітим інструментом: передбачає нагрівання торців труб до температури плавлення з подальшим стисненням. Забезпечує високу міцність і простоту виконання.
- Електрофузійне зварювання: використовує спеціальні муфти з нагрівальним елементом, який при подачі електричного струму розплавляє матеріал, створюючи герметичне з'єднання. Підходить для труб великого діаметру та важкодоступних місць.
- Екструзійне зварювання: застосовується для ремонту та монтажу великих трубопроводів. Передбачає нанесення розплавленого полімеру на місце стику.

^abovtun.knenia-ipt@lll.kpi.ua



Рис. 1. Труби з полімерних матеріалів

- Контактне термомеханічне зварювання: поєднує нагрівання та механічне стискання для утворення герметичного з'єднання, що робить його оптимальним для трубопроводів під високим тиском.

2.2. Детальний опис зварювання нагрітим інструментом встик

Стикове зварювання нагрітим інструментом є універсальним способом з'єднання термопластичних виробів, таких як плівки, листи, труби, стрічки та профілі [9]. Цей спосіб не вимагає використання присадочного матеріалу, що спрощує процес і забезпечує надійність. Зокрема, стикове зварювання нагрітим інструментом є одним з найефективніших методів з'єднання полімерних труб, таких як поліетилен (PE) і поліпропілен (PP), що забезпечує високу міцність з'єднання, часто порівнянну з міцністю самого матеріалу труби.

Етапи технологічного процесу зварювання нагрітим інструментом встик наведені на рис. 2:

- Підготовка труб: торці труб очищаються від забруднень (пилу, жиру, вологи) за допомогою знежирювачів, наприклад, ізопропілового спирту. Далі проводиться вирівнювання торців за допомогою торцювального пристрою.
- Нагрівання: складається з двох фаз — оплавлення (t_1) та нагрівання (t_2). Торці труб притискаються до нагрітого інструменту для створення рівномірного шару розплавленого матеріалу.
- Пауза (t_3): нагрівальний інструмент забирається,

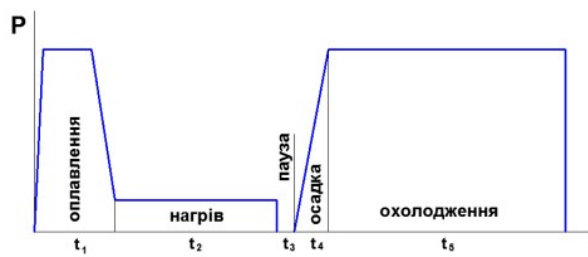


Рис. 2. Етапи технологічного процесу зварювання нагрітим інструментом встик [10, 11, 12]

що дозволяє уникнути забруднення шва перед стикуванням.

- Осадка (t_4): торці труб стикуються під певним тиском, формуючи шов із характерним валиком розплавленого матеріалу.
- Охолодження (t_5): остаточне формування шва відбувається під тиском до повного охолодження матеріалу.

Цей метод забезпечує міцне та герметичне з'єднання, придатне для високонавантажених трубопроводів.

3. Стандарти та нормативи для полімерних труб

3.1. Значення стандартів у виробництві та експлуатації полімерних труб

Стандарти забезпечують якість, безпеку та надійність полімерних труб. Стандартизовані поліетиленові труби знижують ризик витоків у водопостачанні завдяки стійкості до високого тиску, а дотримання норм для газопроводів мінімізує аварійність [13]. Стандарти регулюють весь життєвий цикл продукції — від вибору матеріалів до експлуатації.

В Україні стандарти для пластикових труб гармонізовані з європейськими, але враховують місцеві умови: широкі температурні коливання, підвищену корозійну активність ґрунтів та сейсмічні особливості регіонів.

3.2. Основні стандарти в Україні

Українські стандарти гарантують високу якість продукції, відповідність вимогам міцності, хімічної стійкості та санітарно-гігієнічним нормам, що дозволяє запобігти аваріям у системах водо- та газопостачання. Основні стандарти:

- ДСТУ Б В.2.7-151:2008 [14] — регулює вимоги до поліетиленових труб для водопостачання, включаючи норми щодо максимального робочого тиску (0,6 – 1,6 МПа), температурного режиму та хімічної стійкості.
- ДСТУ EN 12201-1:2018 [15] — встановлює вимоги до поліетиленових труб для транспортування води з особливою увагою до гігієнічних норм.
- ДСТУ EN ISO 15874:2022 [16] — регламентує характеристики поліпропіленових труб для гарячого та холодного водопостачання, включаючи

стійкість до високих температур (до +95° С) та хімічну інертність.

- ДСТУ Б В.2.7-243:2010 [17] — визначає вимоги до труб з ПВХ для каналізаційних систем, включаючи граничні значення міцності та допустимі деформації.
- ДСТУ Б В.2.7-233:2010 [18] — регламентує вимоги до пластикових труб у газопостачанні з акцентом на безпеці експлуатації.

3.3. Європейські стандарти, імплементовані в Україні

Українські стандарти значною мірою базуються на європейських, адаптованих до місцевих умов. Ключові імплементовані стандарти:

- EN ISO 4427-1:2019 [19] — поліетиленові труби для водопостачання та каналізації.
- EN ISO 21003-1:2011 [20] — багатопшарові пластиківі труби для гарячого водопостачання.
- EN 1555:2021 [21] — поліетиленові труби для газопостачання.

Недотримання стандартів може призвести до відкриття продукції, штрафів або заборони продажу, а також погіршення репутації виробника та підвищення ризику аварій під час експлуатації трубопроводів.

4. Методика випробувань полімерних труб

4.1. Загальні положення щодо випробувань

Тестування полімерних труб є критичним етапом для перевірки їх функціональності в різних експлуатаційних умовах. Головною метою є підтвердження відповідності міжнародним і національним стандартам та оцінка характеристик, що забезпечують безпечне використання. До основних цілей тестування належать: визначення механічної міцності, стійкості до внутрішнього тиску, термостійкості, хімічної інертності, а також проведення візуального контролю. Методики включають:

- Механічні випробування — тести на розтягування, ударну в'язкість, кільцеву жорсткість.
- Гідростатичні тести — довготривале навантаження тиском та перевірка герметичності.
- Теплові випробування — тестування термостійкості й теплового старіння.
- Хімічна стійкість — визначення впливу агресивних середовищ і питної води.
- Візуальний контроль — перевірка на тріщини, бульбашки, вимірювання геометрії.

4.2. Обладнання і методи оцінки

Для тестування використовують гідравлічні стенди, механічні тестери, термічні камери та хімічні лабораторії. Результати аналізують на відповідність стандартам, і при виявленні відхилень досліджуються можливі причини.

Висновки

Аналіз сучасних технологій зварювання полімерних труб показує їх визначальну роль у модернізації інфраструктури України. Дослідження властивостей поліетиленових та поліпропіленових труб підтверджує їх ефективність при підвищених експлуатаційних вимогах.

Розглянуті методи зварювання (стикове зварювання гарячою пластиною, електрофузійне та екструзійне) демонструють різні переваги залежно від умов застосування. Важливим аспектом є дотримання стандартів та проведення повного спектру випробувань, що забезпечує відповідність продукції нормативним вимогам.

Запропоновані технологічні рішення мають практичну цінність для створення надійних та економічно ефективних трубопроводних систем. Це особливо актуально в контексті відновлення інфраструктури країни.

Перспективними напрямками подальших досліджень є вдосконалення технологій зварювання комбінованих полімерних матеріалів, адаптація стандартів до сучасних вимог та розробка автоматизованих систем контролю якості.

Перелік використаних джерел

1. Види пластикових водопровідних труб - ПВХ та поліпропіленові. — n.d. — URL: <https://kfk.kiev.ua/uk/blog/truby/vidy-plastikovyh-trub-pvh/>.
2. Відмінність труб ПВХ та ПП. — n.d. — URL: <https://svarochniy-apparat.com.ua/ua/blog-ua/stati-pro-trubi-ua/otlichnye-trub-pvx-i-pp-ua/>.
3. Всі види труб і їх характеристики. — n.d. — URL: <https://ayvaz.com.ua/ua/news/110-vse-vidy-trub-i-ikh-kharakteristiki>.
4. Поліпропіленові труби. — n.d. — URL: <https://unidim.com.ua/ua/blog/polipropilenvoye-truby>.
5. Методи з'єднання поліетиленової труби. — n.d. — URL: https://etp.com.ua/ua/articles/vid_svarki?utm_source.
6. 7 інноваційних методів зварювання пластикових труб. — n.d. — URL: <https://truba-pe.com.ua/uk/stati-pro-truby-ua/svarka-plastikovykh-trub-7-innovatsionnykh-metodov-kotorye-vam-pozvoliat-sekonomit-vremia-i-resursy-ua.html>.
7. Методики зварювання термопластичних полімерів. — n.d. — URL: https://factorial.ua/uk/article/metodiki-zvaryvannya-termoplastichnih-polimeriv/?utm_source.
8. Способи зварювання пластикових труб. — n.d. — URL: https://ua.wxswelding.com/info/welding-methods-of-plastic-pipes-90389240.html?utm_source.
9. *Окільний І.* Зварювання пластмас нагнутим інструментом. — 2015. — URL: <https://elartu.t>

- ntu.edu.ua/bitstream/123456789/12796/2/Conf_2015v1_Syerkin_I-Heated_tool_welding_of_plastics_267.pdf.
10. Зварювання поліетиленових труб ПЕ 80, ПЕ 100 нагрітим інструментом встик. — n.d. — URL: https://etp.com.ua/ua/articles/regimi-svarki?utm_source.
 11. Процедура зварювання поліпропіленових труб. — n.d. — URL: https://vashsantehnik.lviv.ua/procedura-zvaryvannya-polipropilenovix-trub/?utm_source.
 12. Зварювання пластиків PVC, PP, PE. — n.d. — URL: https://inter.plastics.ua/assets/files/obrobotka/Zvaryvannia-PVC-PP-PE.pdf?utm_source.
 13. Морозов Б., Семенець В., Семенець О. Деталі з'єднувальні для водопроводів із поліетиленових труб. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-178:2009 : тех. звіт. — 2009. — URL: https://www.gammaplast.kiev.ua/wp-content/uploads/2021/08/dstu_b_v_2_7_178_2009.pdf?utm_source.
 14. Гохфельд В., Семенець О., Шестопал А. Труби поліетиленові для подачі холодної води. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-151:2008 : тех. звіт. — 2008. — URL: https://etp.com.ua/upload/dstu_b_v-2-7-151-2008.pdf.
 15. ДСТУ EN 12201-1:2018 Системи трубопровідних систем для водопостачання, дренажу та каналізації під тиском. Частина 1. Загальні положення : тех. звіт. — 2018. — URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77361.
 16. ДСТУ EN ISO 15874-3:2022 Системи пластикових трубопроводів для водопостачання. Поліпропілен. Частина 3. Фітинги : тех. звіт. — 2022. — URL: https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=108216.
 17. ДСТУ Б В.2.7-243:2010 Вироби паркетні. Паркет планковий. Технічні умови : тех. звіт. — 2010. — URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26754.
 18. ДСТУ Б В.2.7-233:2010 Будівельні матеріали. Суміші будівельні рідкі модифіковані : тех. звіт. — 2010. — URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=26413.
 19. ISO 4427-1:2019. Plastics piping systems for water supply — Polyethylene (PE). Part 1: General. — 2019. — URL: <https://www.iso.org/standard/72183.html>.
 20. ДСТУ Б EN ISO 21003-1:2011 Системи трубопроводів з багат шарових труб для гарячого та холодного водопостачання. Частина 1 : тех. звіт. — 2011. — URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=28033.
 21. EN 1555-1:2021 Plastics piping systems for gaseous fuels — Polyethylene (PE). Part 1: General. — 2021. — URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/239f85dc-851e-487b-a086-aefafe9231b8/en-1555-1-2021>.