

10. Alimov V. I. To a question of the restoration of crucial tool and details after the exploitation / V. I. Alimov, M. V. Georgiadou, L. O. Zheltobruh // «Стратегия качества в промышленности и образовании: VI междунар. науч.-техн. конф., 4 – 11 июня 2010 г.: тезисы докл. – Варна, 2010. – С. 63 – 66.
11. Склад електрода для електродугового зміцнення низькотемпературною плазмою: патент 28801 Україна, МПК (2006) С 04 В 35/26. / Алімов В. І., Афанасьєва М. В. [та ін.]. - № 28801; заявл. 19.07.2007; опубл. 25.12.2007, Бюл. № 21.
12. Спосіб відновлення поверхні зі швидкорізальної сталі: патент 37861 Україна, МПК (2008) С 21 D 9/22. / Алімов В. І., Георгіаду М. В., Дурягіна З. А. - № 37861; заявл. 25.10.2007; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23.
13. Комбінований склад середовища для лазерного легування корозійностійких сталей: патент 45796 Україна, МПК (2009) В 23 К 26/00, С 21 D 9/00. / Дурягіна З. А., Алімов В. І., Лазько Г. В. [та ін.]. - № 45796; заявл. 15.06.2009; опубл. 25.11.2009, Бюл. № 22.
14. Электролит «Виктория»: патент 2143502 Российская Федерация, МПК6 С 25 D 15/00, 3/12. / Сысоев Г. Н. - № 98118787/02; заявл. 13.10.98, опубл. 27.12.99, Бюл. № 36
15. Алімов В.І. Свойства цинковых гальванических покрытий с армирующими частицами / В. И. Алимов, В. Г. Туков, Р. О. Нестеров // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Металургія. – 2009. – № 11 (159). – С. 201 – 205.

Поступила в редакцію 14.07.2010

Рецензент д-р техн. наук, проф. Е.Н. Смирнов

© Алімов В.І., Уманская И.А., Георгіаду М.В., 2010

УДК 621.774(03)

**В.І. Алімов, А.П. Штихно, М.С. Глущенко**

## **ВПЛИВ РЕЖИМУ ЗВАРЮВАННЯ НА МЕХАНІЧНІ ТА КОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ З'ЄДНАНЬ МЕТАЛОПЛАСТИКОВИХ ТРУБ**

Переважним видом з'єднання металопластикових труб марки stabi PN-20 для транспортування холодної і гарячої води є зварка за допомогою сполучних деталей, яка забезпечує рівномірність вузлів, що сполучаються, і тривалу працездатність, проте армований шар може сприяти їх корозійному руйнуванню.

Ключові слова: металопластикові труби, армований шар, зварювання, механічні властивості, корозійна стійкість

### **Вступ**

Полімерні матеріали міцно увійшли до побуту людини, упроваджуючись у всі галузі промислового виробництва. Труби, виготовлені із полімерних матеріалів, завдяки позитивним властивостям, які вони мають, почали активно витісняти сталеві та чавунні трубопроводи [1]. Однією з найва-

жливіших властивостей поліетилену, як основної складової металопластикових труб, є його довговічність. Загально прийнято вважати, що поліетилен не піддається корозії і отже внутрішній діаметр поліетиленової труби не звужується, але може старіти. Процес старіння супроводжується зниженням пластичності, міцності, підвищенням крихкості і мимовільним розтріскуванням [2]. Металопластикові труби зазвичай виробляються на основі "зшитого" поліетилену, але останнім часом набуває популярності "лінійний" поліетилен. Поліетиленовий шар є таким, що несе і забезпечує міцність труби. Алюмінієвий шар виконує стабілізуючу функцію і перешкоджає проникненню кисню [3]. Шар алюмінію у металопластиковій трубі перешкоджає проникненню у воду не тільки кисню, але і фотонів світла, що спостерігається в звичайних пластикових трубах. Світло, що потрапило в потік, активізує життєдіяльність всіх мікроорганізмів [4, 5]. Завдяки своїм властивостям, а саме пластичності та технічним параметрам данні труби просто незамінні при проведенні ремонту та реконструкційних робіт. Зварювання є найбільш надійним і тому найбільш переважним способом з'єднання металопластикових труб [6, 7]. Терморезисторна зварка придбала найбільш поширене застосування в цьому напрямку.

Метою досліджень є пошук оптимальних температур зварювання металопластикових труб шляхом варіювання температури нагріву конструкційних елементів, тому що температура зварювання та якість з'єднання впливає на властивості труб при їх експлуатації. Також в роботі розглядається вплив агресивних середовищ (миючих засобів) на корозійну поведінку металопластикових труб при їх експлуатації.

Дослідження проводили на зразках металопластикових труб марки stabі PN-20 діаметром 20 мм. Металопластикові труби і фітинги поєднували терморезисторним зварюванням на установці типу Polis P - 4a . В умовах АТЗТ «Агроспецмонтаж» проводили терморезисторне зварювання металопластикових труб діаметром 20 мм (рисунок 1) та фітингу (муфти) діаметром 25 мм., зразки труб для досліджень виготовлені зі «зшитого» поліетилену та алюмінієвої фольги, фітинг із поліетилену. Загальний вигляд конструкції металопластикової труби наведено на рисунку 1.

Торці трубної заготівки з металопластику перед зварюванням зачищали спеціальним інструментом під терморезисторне зварювання по всьому зовнішньому діаметру для зняття алюмінієвого шару. Технологічний процес зварювання складався з: прогріву поверхонь, які зварюються; технологічної паузи, яка обумовлена необхідністю видалення інструменту для нагріву; безпосереднього з'єднання під тиском та охолодження зварного з'єднання. В результаті зварювання пластикової труби та фітингу отримували монолітне з'єднання матеріалу та системних елементів. Нагрів під зварювання виконували до температур 220, 240, 260 ( $\pm 5$ )  $^{\circ}\text{C}$  з витримкою 10с.





Рисунок 1 – Загальний вигляд конструкції металопластикової труби марки stabі PN-20.

Після зварювання були відібрані зразки, які піддавали випробуванню на розтягнення при кімнатній температурі  $20^{\circ}\text{C}$  та при температурі  $80^{\circ}\text{C}$ .

З отриманих зварних з'єднань вирізали по 2 зразки тип III за ГОСТ – 6996-66 для випробування на розтягнення. Випробування на розтягнення проводили в лабораторії ДонНТУ на розривній машині FR-100. Перед випробуваннями на розрив зразки обміряли штангенциркулем ШЦ-1 з точністю до 0,1 мм і кернили через 50 мм. Для проведення випробувань на розрив при температурі  $80^{\circ}\text{C}$  попередньо зразки витримували у гарячій воді при температурі  $80^{\circ}\text{C}$  протягом 10 хв.

Корозійну стійкість зразків досліджували в умовах лабораторії корозійних випробувань ДонНТУ. Зразки металопластикових труб марки stabі PN-20 зачищали на шліфувальному верстаті, обміряли штангенциркулем ШЦ-1 та зважували на аналітичних вагах з точністю до 0,0001г. Зразки поміщали в 5, 10 і 15%-ний розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в воді. Зразки витримували у розчині сіркової кислоти протягом 20 хвилин. Після цього проводили повторне важення та оцінювали зміну маси. Виходячи з отриманих результатів, розраховували негативний показник зміни маси за формулою [8].

Після того, як виявилось, що корозія все ж таки відбувалася, зразки піддавали випробуванню у різноманітних миючих засобах: «Крот» - на основі NaOH, «Сіліт» - на основі соляної кислоти, «Мистер Мускул» - на основі хлору та >5% амфотерних поверхнево-активних речовин. Зразки витримували у засобах на протязі 6 годин після чого оцінювали вплив корозійного середовища на негативний показник зміни маси.

Після зварювання металопластикових труб марки stabі PN-20 за різними режимами проводили випробування на розтягнення. Встановлено, що зовнішній контроль не пройшли зразки з температурою зварювання  $220$  та  $260^{\circ}\text{C}$ . В першому випадку температура занизька, тому не відбувається формування якісного з'єднання, в другому випадку за рахунок перегріву

поліетилену на місці з'єднання утворюються великі напливи, які назовні так і в середині труби, вони є концентраторами напружень, які в свою чергу сприяють руйнуванню по місцю сплавлення труби з муфтою. Відповідно механічні властивості і геометричні розміри не відповідають діючим вимогам ДСТУ Б.В.2.7-73-98 [9]. З'єднання виконане при температурі 240 °С повністю відповідає діючим стандартним вимогам.

При температурі зварювання 220 °С руйнування відбувається по з'єднанню. Занизька температура зварювання призводить до виникнення концентраторів напружень (несплавлення), які приводять до руйнування з'єднання. При температурі зварювання 240 °С руйнування відбувається по тілу труби, місце з'єднання труби та фітингу не зруйнувалося. При збільшенні температури зварювання до 260 °С утворюються великі напливи не тільки на поверхні, але й в середині труби. Внутрішні напливи призводять до звуження внутрішнього діаметру труби, а це в свою чергу знижує швидкість теплообміну в системах опалювання.

Виходячи з результатів випробувань можна зробити висновок, що рекомендована температура зварювання металопластикових труб складає 240-250 °С. При даній температурі зварювання з'єднання має задовільний зовнішній вигляд, а за механічними властивостями відповідає всім вимогам і нормам ДСТУ Б.В.2.7-73-98.

Металопластикові труби широко застосовуються в системах опалювання, тому були проведені випробування на розтягнення при температурі 80 °С. Метою цих випробувань є спостереження за зміною механічних властивостей труб при транспортуванні в них гарячої води.

Оцінюючи отримані результати, які наведено на рисунках 2 і 3 встановили, що при проведенні випробувань при температурі 80 °С значення тимчасового опору дещо нижчі по відношенню до результатів випробувань проведених при кімнатній температурі.

Проте при підвищенні температури зразків труби ми можемо бачити зростання відносного подовження в декілька разів. При цьому руйнування зразків відбувається по з'єднанню при будь – якій температурі зварювання.

Як бачимо (рис. 2), при зростанні температури зварювання зростає і тимчасовий опір зварних зразків металопластикових труб. При збільшенні температури зварювання матеріал труби (поліетилен) і матеріал фітингу прогріваються на більшу глибину, між молекулами поліетилену утворюється міцний зв'язок, і виконується міцне з'єднання. Порівнюючи результати випробувань при кімнатній температурі та при 80 °С, бачимо зниження тимчасового опору при 80 °С. Результати випробувань при температурі 80 °С можна пояснити тим, що при нагріванні клей, який з'єднує складові частини металопластикової труби не витримує підвищених температур і складові частини труби розклеюються.



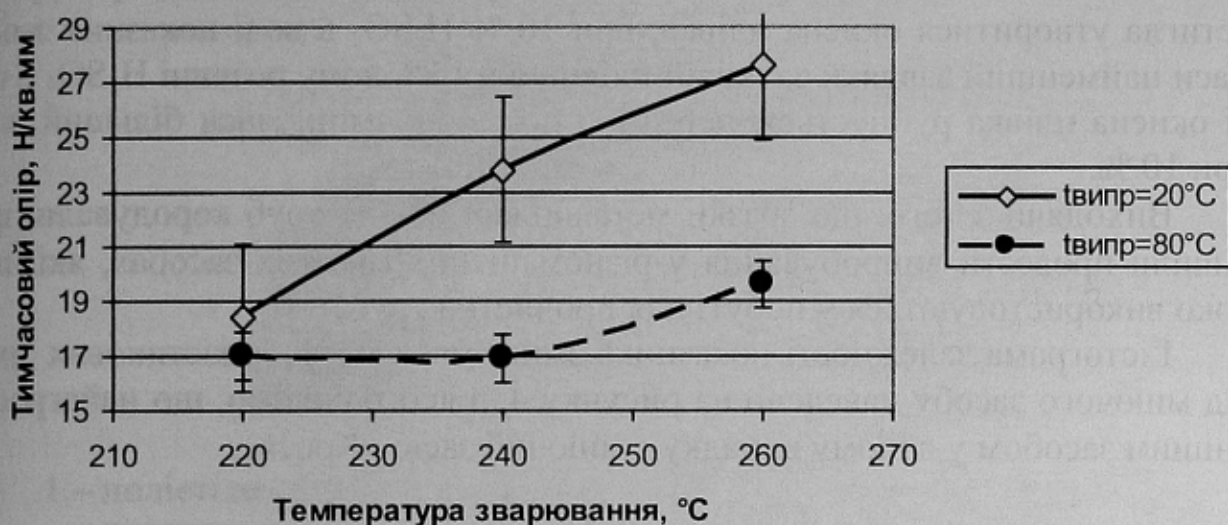


Рисунок 2 – Залежність тимчасового опору металопластикових труб від температури зварювання

Відносне подовження зварного з'єднання металопластикових труб при температурі 20 °C (рис 3), практично однакове, при будь якій температурі зварювання.

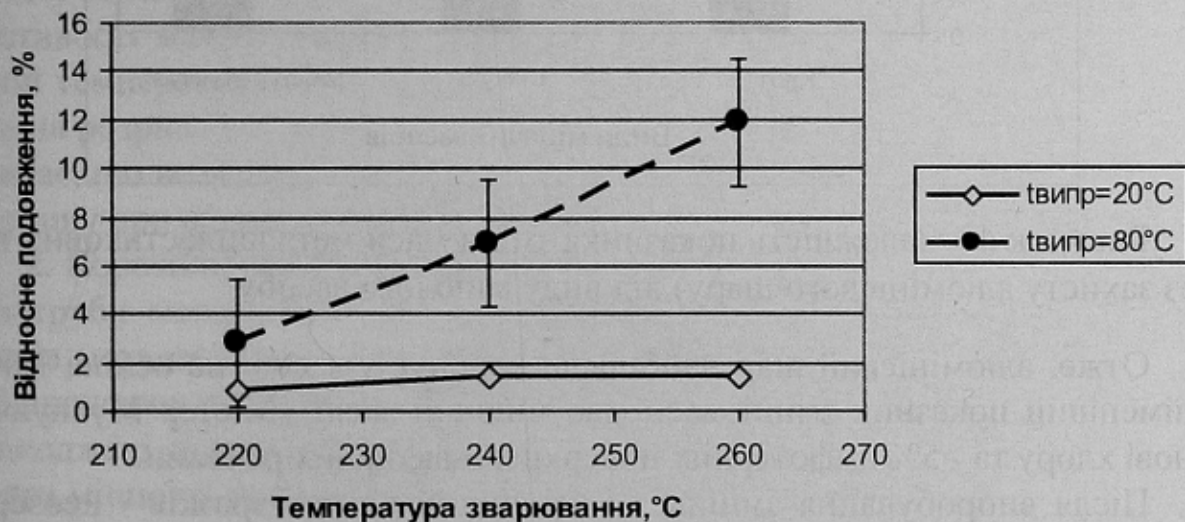


Рисунок 3 – Залежність відносного подовження металопластикових труб від температури зварювання

Тобто підвищення пластичності металопластикових труб при кімнатній температурі практично не спостерігається. Випробування при нагріванні зразків до 80 °C показали, що поліетилен нагрівається та стає більш пластичним і відносне подовження відповідно зростає.

Випробування на корозійну стійкість металопластикових труб марки stabi PN-20 у 5, 10 і 15%-ному розчині  $H_2SO_4$  в воді показали, що металопластикові труби все ж таки піддаються корозії. У 5%-ному розчині  $H_2SO_4$  в

воді показник зміни маси найбільший, тому що на алюмінієвому шарі не встигла утворитися окисна плівка, при 10 %  $H_2SO_4$  в воді показник зміни маси найменший завдяки захисній плівці, а в 15%-ному розчині  $H_2SO_4$  в воді окисна плівка руйнується, через що показник зміни маси більший, ніж при 10 %.

Виходячи з того, що зразки металопластикових труб кородували, вирішили провести випробування у різноманітних миючих засобах, які широко використовуються у побуті для прочистки труб.

Гістограма залежності показника зміни маси металопластикових труб від миючого засобу наведено на рисунку 4, з якого бачимо, що найагресивнішим засобом у даному випадку є миючий засіб «Крот».



Рисунок 4 – Залежність показника зміни маси металопластикових труб (без захисту алюмінієвого шару) від виду миючого засобу

Отже, алюмінієвий шар найбільше кородує у засобі на основі NaOH. Найменший показник зміни маси має миючий засіб «Містер Мускул» на основі хлору та >5% амфотерних поверхнево-активних речовин.

Після випробування змінився і зовнішній вигляд зразків - неозброєним оком було видно, що шар алюмінію у деяких місцях руйнується (рис.5). Як видно з рисунку 5, у випадку взаємодії зразку металопластикової труби з миючим засобом «Крот» шар алюмінію у деяких місцях був зруйнований наскрізь. Отже, якщо при монтажі або експлуатації пошкодиться поверхня металопластикової труби та алюмінієвий шар буде контактувати з агресивними середовищами, можливе значне руйнування алюмінієвого шару та конструкції металопластикової труби в цілому. Суцільна алюмінієва оболонка, окрім забезпечення механічної міцності труби, забезпечує антидифузійний захист закритих систем опалювання і знижує температурне подовження труби.





1 – поліетілен (PE-X); 2 – алюміній; 3 – поліетілен (PE-X)

Рисунок 5 – Вид зразку металопластикової труби stabі PN-20 після взаємодії з миючим засобом «Крот»

### Виводи

1. Температура зварювання впливає на властивості з'єднань металопластикових труб. При температурах зварювання металопластикових труб 240-250 °С забезпечується найліпша якість зварного шву, а механічні властивості задовольняють вимогам ДСТУ Б.В.2.7-73-98. Найгірші механічні властивості мають зварні з'єднання металопластикових труб при підвищеній температурі випробувань 80 °С; жоден зразок не витримав випробувань на розрив. Усі зразки розірвалися не в місці зварного шву, а поруч. Це означає, що незалежно від температури нагріву під зварювання місце зварного шву при різних видах навантаження може бути порушено.

2. Корозійні випробування дають підставу вважати, що металопластикові труби можуть піддаватися корозійному руйнуванню. При витримці зразків металопластикових труб у різних миючих засобах, де є незахищений прошарок алюмінію, найбільш агресивним виявився засіб «Крот». При пошкодженні поверхневого шару пластику при експлуатації є можливість втрати міцності труб за рахунок контакту алюмінію з агресивними середовищами, тому що відбувається значне його руйнування. Якщо не спостерігається контакту з алюмінієвим прошарком, то найбільш агресивним миючим засобом виявився засіб «Cillit».

3. Є підстави, що до пошуку і оптимізації армуючого матеріалу для металопластикових труб, його складу та технології виготовлення.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривенко М.К. Пластиковые водопроводные трубы / М.К. Кривенко, И.Н. Юрченко // Полимерные материалы. – 2005 – №8. – С.25-31.
2. Катаев В.М. Справочник по пластическим массам / В.М.Катаев. – М.: Химия, 1975. – 323с.

3. Василенко Ю.П. Металлополімерні трубопроводи [Електронний ресурс] / Ю.П. Василенко // Полімерні матеріали – 2005 - №4.–С 10. - Режим доступу до журн.: [http://www.agrovodcom.ru/info\\_polimer.php](http://www.agrovodcom.ru/info_polimer.php)
4. Павлов Б.А. Металлопластик в современном мире [Електронний ресурс] / Б.А. Павлов // Полимерные материалы – 2006 - №1.–С5. - Режим доступу к журн.: <http://www.suntrade-s.com/index.php?name=cat=5>
5. Николаенко К.А. Перспективы использования металлопластиковых труб / К.А. Николаенко, Ю.Р. Пархоменко // С.О.К. – 2006 - № 9. С.21-24.
6. Дудкин В.К. Способы сварки полиэтиленовых трубопроводов [Електронний ресурс] / В.К. Дудкин // Полимерные материалы. – 2008 - №1.–С 8. - Режим доступу к журн.: <http://www.meto.ru/trubi.htm>
7. Руденко Т.И. Металлопластиковые трубы для систем отплення / Т.И. Руденко // С.О.К. – 2008 – №7. – С. 18-23.
8. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов / Н.П. Жук. – М.: Металлургия, 1976. – 472 с.
9. Трубы из структурированного полиэтилена для систем холодного, горячего водоснабжения и отопления. Технические условия: ДСТУ Б В.2.5-17-2001. – К.: Госстрой Украины, 2001 – 36 с.

Надійшла до редакції 06.09.2010

Рецензент д-р техн. наук, проф. Є.М. Смирнов

© Алімов В.І., Штихно А.П., Глущенко М.С., 2010

УДК 669.02/.09:658.58

**В.Я. Седуш, В.А. Сидоров**

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕМОНТА МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Определены теоретические основы проведения упреждающих ремонтов механического оборудования: сформулированы факторы, определяющие работоспособное состояние механизмов, уровни данных факторов, виды и временные границы ремонтных воздействий. Предложены принципы построения фактической матрицы технических состояний. Разработана структурная схема функционирования механизмов и машин.

Ключевые слова: Механическое оборудование, ремонтные воздействия, работоспособное состояние, увеличение безотказности

### **Введение**

Несмотря на большой опыт, накопленный ремонтными службами, при проведении ремонтов, теоретические основы проведения ремонта практически не рассматривались. Среди работ посвященных проблематике ремонта следует отметить работы Плахтина В.Д., Ловчиновского Э.В., Седуша В.Я. и многих других [1 - 5]. В работе, на основе обобщения известных положений о ремонтах механического оборудования, разработаны и