



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40006 (13) C2

(51) 7 B29C65/08, F16L47/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ З'ЄДНАННЯ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ

(21) 2000052571

(22) 04.05.2000

(24) 16.07.2001

(33) UA

(46) 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.

(72) Клявлін Валерій Володимирович

(73) Клявлін Валерій Володимирович, UA

(56) 1. Удовенко В.Е., Гвоздев И.В., Карнаух Н.И. и др. Полимеры в газоснабжении: Справ. – М.: Машиностроение, 1998. – 856 с.

2. Патент України № 103000, B29C65/00, 25.12.1996. Бюл. № 4

(57) 1. Спосіб з'єднання поліетиленових труб, при якому виконують активаційну обробку труб, що з'єднуються, протравлянням їх поверхні складами з вмістом хромових сполук, нанесення клею на зовнішні поверхні труб, що з'єднуються, а також на внутрішню поверхню сполучної муфти, причому як клей використовують епоксидну композицію, що спінюється, після чого з'єднують кінці труб, встановлюють на місце з'єднання сполучну муфту і затверджують клей, який відрізняється тим, що перед протравлянням виконують первинну акустичну активаційну обробку кінців труб, що з'єднуються, з одночасним нанесенням на них заглиблень за допомогою одного концентратора низькочастотних ультразвукових коливань при однакових параметрах ультразвукової обробки, а після з'єднання кінців труб перед затвердненням нанесеного на них клею забезпечують центрування кінців цих труб з урахуванням різновтовщинності по їх довжині.

2. Спосіб з'єднання по п. 1, який відрізняється тим, що центрування кінців труб здійснюють шляхом попереднього встановлення на кінцях труб перед їх з'єднанням з мінімальним зазором і з можливістю переміщення й обертання на кожній трубі шайб, що мають клинчастий переріз, і з нахилом до місця з'єднання труб, а після з'єднання кінців труб проводять зустрічне переміщення шайб.

3. Спосіб з'єднання по п. 2, який відрізняється тим, що кожна шайба виконана пружною і різною.

4. Спосіб з'єднання по п. 2 або 3, який відрізняється тим, що кожна шайба виготовлена з матеріалу труб, що з'єднуються.

5. Спосіб з'єднання по пп. 2-4, який відрізняється тим, що перед установкою шайб проводять активаційну обробку їх контактної поверхні протравлянням.

6. Спосіб з'єднання по пп. 1-5, який відрізняється тим, що поглиблення наносять при частоті низькочастотних ультразвукових коливань 17-22 кГц, амплітуді 30-60 мкм, інтенсивності 20-30 Вт/см² і контактному зусиллі притиску 150-250 Н впродовж 1-2 с.

7. Спосіб з'єднання по пп. 1-6, який відрізняється тим, що протравлення поверхні здійснюють при температурі 60-80°C протягом 10-15 хв при такому співвідношенні компонентів, у мас.ч.: концентрована сірчана кислота - 100,0, біхромат калію - 3,5-4,5, дистильована вода - 6,0-7,0.

Винахід відноситься до способів з'єднання полімерних труб, зокрема, поліетиленових труб (ПЕТ), і може бути використаний в технології з'єднання поліетиленових труб при виконанні ремонту газо-, водопроводів та інших водопровідних систем як у стаціонарних, так і в польових умовах.

Клейова технологія при ремонті поліетиленових трубопроводів (ПЕТП) займає одну з домінуючих позицій у технології ремонту ПЕТП. При цьому якість клейового з'єднання значною мірою залежить від способу і якості підготування поверхонь, що склеюються.

В даний час при ремонті ПЕТП із використанням клейової технології широке поширення одержала активація поверхні ПЕТ, що передуює операції нанесення клейових сумішей на зовнішні поверхні ПЕТ, що з'єднуються.

Залежно від призначення ПЕТ, до їхніх стиків висуваються різноманітні вимоги щодо міцності і герметичності. Найбільш високі вимоги висуваються до газових трубопроводів, що обумовлено не тільки вимогами техніки безпеки, але і складнощами ремонту. Адже, крім трудомісткої процедури підготування місця клейового стику (при використанні різноманітних варіантів муфто-клейових з'єднань) або застосування спеціальної техніки (при зварюванні), необхідно також видалити залишки газу з ушкоджених труб.

(19) UA (11) 40006 (13) C2

Розглядаючи й аналізуючи технічні питання з'єднання і відновлення полімерних трубопроводів, особливо ПЕТП, неможливо не враховувати специфічну особливість поверхні субстрату (поліетилену). Оскільки поліетилен має низьку поверхневу енергію, то це створює додаткові складнощі в забезпеченні формування надійного клейового з'єднання з застосуванням полімерних клеїв.

Основним недоліком ПЕТ (поряд із великими перевагами, такими як висока корозійна стійкість) можна вважати погану адгезію. Адже поліетилен містить домішки з'єднань парафінового циклу $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$, що обумовлює утворення слабого поверхневого прошарку (ПП). Після ретельного очищення від цих домішок утворення слабого ПП виключається, а адгезійна міцність збільшується [1, 2].

В даний час існує чимало методів попередньої обробки (активації) поліетиленової поверхні для збільшення її адгезії, а саме: абразивна обробка, що має ціль видалити слабо зв'язаний прошарок матеріалу (із низькою молекулярною масою) і оголити основну товщу матеріалу (із високою молекулярною масою), що володіє більш високим зчепленням; обробка за допомогою реагентів, що хімічно модифікують або протруюють субстрат (або впливають в обох цих напрямках); обробка коронним розрядом в електричному полі; бомбардування іонами в газовому розряді; озонування; плазмова обробка; вплив полум'я, що окисляє [3]; механо-механічний і інші.

При окислюванні полум'ям існує така закономірність: чим вище його температура, тим швидше й ефективніше проходить обробка [4]. При такій обробці на поверхні полімеру в результаті окислювання утворюються полярні групи, що сприяють підвищенню взаємодії з адгезивом або покриттям.

При обробці в електричному полі в повітряному просторі між електродами виникає коронний розряд. Це супроводжується появою озону, що окисляє поверхню поліетилену. Іонізуючі випромінювання, кисень і озон, які присутні на поверхні полімеру, окислюють його, створюючи карбонільні, карбоксильні і гидроксильні групи [4].

Цікавий метод модифікації поверхні полімерів за допомогою плазмової форсунки. Він має істотні переваги перед методом обробки коронним розрядом в електричному полі. Коронний розряд концентрується на дефектах полімерного зразку (мік-роскопичних порах, отворах, умиканнях домішок, що є електропровідниками), і збільшує їх у результаті пробою. При обробці плазмовою форсункою розряд відбувається на деякому віддаленні від оброблюваного зразка і не руйнує поверхню.

Одним із порівняно нових способів обробки поверхні є механо-механічний [5]. Він заснований на утворенні вільних радикалів, що виникають при механічній обробці поверхні в середовищі клею. При механічній обробці поверхні полімеру відбувається розрив макромолекул, що призводить до утворення мікрорадикалів, час життя яких складає $10^{-3}-10^{-6}$ с. Утворення радикалів, що генеруються в середовищі клею, охороняє їх від контакту з повітрям і один від одного. Очевидно,

у цьому випадку збільшення міцності з'єднань, що склеєні за допомогою епоксидного клею, відбувається за рахунок радикальних процесів у зоні контакту й утворення хімічних зв'язків між макромолекулами субстрату і клею. Як підтвердження цього механізму наводяться дані [6] про стабільність властивостей з'єднань, підданих такій обробці в умовах тривалого збереження.

Ефективним і простим методом обробки (активації) поверхні поліетилену є вплив на нього озоном, деякими кислотами й окислювачами. Встановлено, що при здійсненні травлення поверхні поліетиленового субстрату мінеральними окислювачами (такими, як олеум, хромова суміш, гіпохлорид натрію, перекис водню), найбільш сильно діє олеум, що містить 40-60% SO_3 і хромові суміші різноманітного складу [7]. Після такої обробки поліетилен добре змочується водою й іншими полярними рідинами, і міцно склеюється полярними клеями. Наприклад, міцність при зсуві для пари поліетилен - дюралюміній, що склеєна уретановим клеєм, збільшилася з 0,1 МПа (контрольний зразок) до 7,5 МПа (обробка олеумом. 40-60% і 9,0 МПа (обробка хромовою сумішшю) [4].

При травленні поверхні поліетилену в процесі окислювання утворюються полярні групи, що було виявлено за допомогою спектрального методу: значно збільшується інтенсивність смуг, характерних для карбонільних ($1670-1680 \text{ см}^{-1}$), спиртових і ефірних ($1020-1070 \text{ см}^{-1}$), а також гідроксильних (3400 см^{-1}) груп [8, 9]. Окислювання поверхні поліетилену надуксусною кислотою також дозволило істотно підвищити адгезійну міцність [8]. Адгезійна міцність клейового з'єднання залежить як від виду окислювача, так і від його концентрації (див. табл. 1) [4].

При обробці травленням товщина і склад ПП поліолефінів сильно змінюється. Травлення поліетилену дає прошарок товщиною менше 100 нм, а поліпропілену - більшої товщини [1]. При травленні кислотами або іншими окислювачами відбувається зміна рельєфу поверхні поліетилену і збільшується утримання кисню в ПП [1]. Проте міцність клейового з'єднання залежить не тільки від цього показника, але і від куту змочування (табл. 2).

В іншому відомому механо-механічному способі попередню активацію поверхні ПЕТ зовнішнім діаметром 63 мм здійснюють шляхом нанесення контактним методом за допомогою металевого інструмента по колу (зовнішній поверхні) труб насічок глибиною 0.3-0,5 мм із кроком 5-7 мм і/або протравлянням їх складами з вмістом хромових з'єднань [10].

Таким чином, із вищенаведеного стислого аналізу випливає, що наявні дані про умови кислотної обробки поліетилену (концентрація суміші, час, температура) є досить суперечливими [1, 3, 4]. Тому оптимальні режими і складки як при кислотній обробці, обробці хромовою сумішшю, а також механо-механічній обробці необхідно встановлювати експериментальним шляхом у кожному конкретному випадку.

Як аналог вибраний спосіб з'єднання полімерних труб, при якому виконують активаційну обробку зовнішніх поверхонь труб, наприклад, хро-

мовою сумішшю, нанесення на них і/або внутрішню поверхню полімерної муфти клею, стикування кінців труб з установкою на них полімерної муфти й затвердження клею [11].

Проте спосіб аналогу не забезпечує достатньої адгезійної міцності клейового з'єднання внаслідок відсутності оптимального співвідношення інгредієнтів хромової суміші для травлення, ефективних температурно-часових режимів обробки цієї сумішшю поверхні ПЕТ, а також ефективного з'єднання ПЕТ.

Як прототип вибраний спосіб з'єднання поліетиленових труб за патентом України № 10300 [12], при якому виконують активаційну обробку труб, що з'єднуються, наносять клей на зовнішні поверхні труб, що з'єднуються, і/або на внутрішню поверхню сполучної муфти, після чого стикують кінці труб, установлюють на місце стикування сполучну муфту й затверджують клей після установки сполучної муфти, а перед нанесенням клею на внутрішню поверхню сполучної муфти встановлюють прутки, причому в якості клею використовують епоксидну композицію, що спінюється, а активаційну обробку труб, що з'єднуються, виконують хромовою сумішшю.

Прутки встановлюють уздовж утворючої внутрішньої поверхні сполучної муфти з загином кінців прутків на зовнішню поверхню сполучної муфти і з рівномірним кроком розташування прутків у поперечному перетині сполучної муфти.

Як епоксидну композицію, що спінюється, застосовують епоксидноамінну композицію, додатково загущену аеросилом у кількості 3% по вазі.

Як хромову суміш застосовують суміш сірчаної кислоти, біхромату калію і води при такому співвідношенні компонентів (у мас.ч.): сірчана кислота – 100,0, біхромат калію – 5, вода – 8.

Але і спосіб прототипу також не забезпечує ефективної активації поверхні ПЕТ і усунення непроклеїв внаслідок таких причин: відсутності ефективних операцій активації поверхні ПЕТ, включаючи відсутність оптимального співвідношення інгредієнтів хромової суміші для травлення, а також температурно-часових режимів обробки поверхні труб хромовою сумішшю; наявності концентрації напруг і непроклеїв у місцях розташування металевих прутків через їх погану адгезійну сумісність як із поліетиленом, так і з матеріалом муфти, що знижує кінцеву тривкість муфто-клейового з'єднання; складності реалізації способу внаслідок труднощів рівномірного розподілу прутків, їхньої фіксації щодо муфти, а також необхідності мати прутки декількох типорозмірів.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення способу з'єднання поліетиленових труб, в якому за рахунок особливості здійснення активації поверхні поліетиленових труб, а також їхньої центрівки і наступної фіксації відносно сполучної муфти й одна до одної досягається підвищення міцності кінцевого муфто-клейового з'єднання поліетиленових труб із використанням муфт із епоксидних полімерів, як за рахунок поліпшення адгезійної міцності на кордоні поділу "поліетилен – клей – полімерна муфта", так і за рахунок усунення непроклеїв.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі з'єднання поліетиленових труб, при яко-

му виконують активаційну обробку труб, що з'єднуються, протравляння поверхні поліетиленових труб складами з вмістом хромових з'єднань, забезпечують центрівку труб, що з'єднуються, наносять клей, за який використовують епоксидну композицію, що спінюється, на зовнішні поверхні труб, що з'єднуються, і/або на внутрішню поверхню сполучної муфти, після чого стикують кінці труб, установлюють на місце стикування сполучну муфту й затверджують клей після установки сполучної муфти, перед протравлянням виконують первинну активаційну обробку труб, що з'єднуються, з одночасним нанесенням на них поглиблень за допомогою концентратора низькочастотних ультразвукових коливань, а центрівку труб, що з'єднуються, забезпечують шляхом установки з мінімальним зазором і з можливістю переміщення й обертання на кожній трубці, що з'єднується, шайб, що мають клинчастий перетин із нахилом до місця стикування труб, що з'єднуються, із наступним переміщенням шайб одна до одної.

Кожна шайба виконана пружною і розрізною, і виготовлена з матеріалу труб, що з'єднуються, а перед установкою шайб проводять активаційну обробку їх поверхні протравлянням.

Поглиблення наносять при частоті низькочастотних ультразвукових коливань 17-22 кГц, амплітуді 30-60 мкм, інтенсивності 20-30 Вт/см² і контактному зусиллі притискання 150-250 Н впродовж 1-2 с.

Спосіб з'єднання поліетиленових труб також відрізняється тим, що протравляння поверхні здійснюють при температурі 60-80°C протягом 10-15 хв при такому співвідношенні компонентів, у мас.ч.: концентрована сірчана кислота – 100,0, біхромат калію – 3,5-4,5, дистильована вода 6,0-7,0.

Перераховані ознаки способу складають суть винаходу.

Наявність причинно-наслідкового зв'язку між сукупністю істотних ознак винаходу і технічним результатом, що досягається внаслідок цього, полягає в наступному.

Застосування ультразвука (УЗ) для зварювання пластмас є відомим фактом [13]. У той же час відомості про використання УЗ із метою активації поверхні ділянок ПЕТП, що склеюються, у науково-технічній літературі практично відсутні. Проте проведені експериментальні дослідження показали перспективність цього напрямку, що обумовлює необхідність пояснення цього факту як із теоретичної, так і з експериментальної точок зору.

Уявляється можливим пояснити виникаючі при УЗ-активації процеси таким чином. Процес УЗ-активації варто розглядати як топохімічну реакцію, тобто хімічну реакцію, що протікає на поверхні твердого тіла (полімеру). Як відомо, в основі будь-якої хімічної реакції лежить процес розірвання зв'язків у вихідних речовинах і виникнення нових зв'язків, що призводять до утворення нової речовини. Таким чином, механізм активації не повинен змінюватися при переході від одного режиму УЗ-активації до іншого, і від одного полімерного матеріалу до іншого.

Для топохімічних реакцій характерно протікання процесу в три стадії: 1) утворення фізично-

го контакту; 2) активація контактних поверхонь; 3) об'ємний розвиток взаємодії.

При УЗ-активації окремі стадії можуть протікати одночасно, так що чіткий поділ їх не уявляється можливим. Наприклад, є експериментальні дані, які показують, що стадія утворення фізичного контакту супроводжується термічною активацією контактних поверхонь [13]. На визначеному етапі термічна активація протікає разом з об'ємним розвитком взаємодії.

Зазначені стадії можуть супроводжуватися рядом процесів, що також варто враховувати при аналізі механізму УЗ-активації ПЕТП. Так, стадія утворення фізичного контакту пов'язана зі статичним і вібраційним ущільненням матеріалу, механізм якого залежить від матеріалу полімерів, що активуються.

Термічній активації передують введення і поширення ультразвукових коливань у поверхню поліетиленової труби, що активується, а також концентрація і перетворення енергії механічних коливань у теплову енергію. При цьому можуть інтенсивно протікати структурні перетворення на молекулярному і надмолекулярному рівнях, що прискорюються впливом ультразвука, а також різноманітні хімічні реакції, аж до деструкції полімерів, включаючи накопичення ушкоджень від силових навантажень.

Тривала дія на розігрітій матеріал статичних і динамічних навантажень призводить до розвитку деформаційних процесів, що виявляються у заглибом робочого торця хвилеводу в поверхню дотичного з ним виробу, а також у витисненні пластифікованого або розплавленого матеріалу полімеру з зони УЗ-активації.

Стадія об'ємного розвитку взаємодії тісно пов'язана з такими процесами, як плин і перемішування матеріалу в зоні, що активується, взаємна дифузія матеріалів у мікрооб'ємах, а також кристалізація розплаву на заключному етапі УЗ-обробки полімеру при (умовно) тривалому часі обробки.

Очевидно, процес УЗ-активації можна вважати таким, що передуює процесу УЗ-зварювання, тобто можна провести деяку аналогію з цими процесами. Що стосується власне зварювання полімерів, то в останні роки отримано ряд нових результатів у дослідженні об'ємної взаємодії при зварюванні термопластів. Ці результати показують експоненціальний характер залежності міцності з'єднань, що отримані зварюванням, від тривалості і температури зварювання.

Останнє характерно для дифузійних процесів і спостерігається тільки в інтервалі температур високоеластичності. При зварюванні в інтервалі температур, що відповідають в'язкотекучому стану, збільшення температури і часу зварювання не призводило до збільшення міцності. Навпаки, спостерігалось зниження міцності через механічний вплив зварювальних інструментів на розплав полімеру.

Основні параметри режиму УЗ-зварювання, а за аналогією зі зварюванням і УЗ-активації (а саме - частота, час, амплітуда, інтенсивність, контактне зусилля, або зусилля притискання концентратора до поверхні труби), взаємозалежні. Так, час, необхідний для УЗ-активації, залежить від

амплітуди коливань, зусилля притискання, а також від форми поверхні і властивостей матеріалу, що активується, його товщини та інших чинників. При цьому ефективні параметри УЗ-активації визначають експериментально для кожного типу матеріалу з урахуванням вищевикладеного.

Особливістю запропонованого способу є одночасність процесів нанесення поглиблень і активації поверхні за допомогою концентратора поздовжніх УЗ-коливань. Спосіб реалізують при частоті коливань 17-22 кГц, амплітуді 30-60 мкм, інтенсивності 20-30 Вт/см² і контактному зусиллі притискання 150-250 Н впродовж 1-2 с.

При цьому експериментально встановлено, що найбільші значення контактного зусилля, часу контакту, амплітуди й інтенсивності коливань необхідні при активації ділянок поліетиленових труб, що з'єднуються, у зимовий час, тобто при наявності низьких температур (до -30°C, а найменше - при використанні попередньо підігрітого хвилеводу й у жаркий літній час (до +40°C). Крім того, експериментально встановлено, що відхилення від вищевказаних параметрів призводять до зниження ефективності активації й адгезійної міцності кінцевого муфто-клеювого з'єднання.

Для рівномірного розподілу поглиблень на робочій поверхні ПЕТ ці поглиблення завдають радіальне і рядами, що знаходяться друг від друга уздовж утворюючої на однаковій відстані. Варіантом нанесення поглиблень є зсув у радіальному перетині на деякий кут наступного ряду поглиблень щодо попереднього ряду поглиблень - із метою максимального покриття поглибленнями шуканої поверхні (тобто нанесення поглиблень в шаховому порядку).

При цьому експериментально встановлено, що для досліджуваних поліетиленових трубопроводів ефективна довжина поглиблень складає 10-15 мм, глибина 0,15-0,25 мм, а відстань між сусідніми поглибленнями в радіальному перетині і між рядами поглиблень уздовж утворюючої складає 10-15 мм.

Крім того, поглиблення мають трикутний, прямокутний і круглий поперечний перетин у радіальному перетині труби, що досягається виконанням на робочій поверхні концентратору поздовжніх УЗ-коливань (хвилеводу) відповідних накаток (насічок).

Експериментально встановлено, що після ефективної УЗ-активації поверхні ПЕТП доцільно проводити протравляння обробленої поверхні хромовою сумішшю при температурі 60-80°C протягом 10-15 хв при такому співвідношенні компонентів, у мас.ч.: концентрована сірчана кислота - 100,0, біхромат калію - 3,5-4,5, дистильована вода 6,0-7,0. Максимальні значення двох останніх компонентів відповідають меншій температурі протравляння, а максимальні - більшій. Встановлено, що при температурі 15-20°C час обробки збільшується до 90-120 хв.

Далі. У запропонованому способі центріровку труб, що з'єднуються, забезпечують шляхом установки з мінімальним зазором і з можливістю переміщення й обертання на кожній трубі, що з'єднується, шайб, що мають клинчастий перетин із нахилом до місця стикування труб, із наступ-

ним переміщенням шайб одна до одної (див. фіг. 1).

При цьому кожна шайба виконана розрізною (див. фіг. 2) і виготовлена з матеріалу труб, що з'єднуються. Крім того, перед установкою шайб проводять активаційну обробку їх поверхні протравлянням хромовою сумішшю.

Зазначене здійснення центрівки труб, що з'єднуються, має універсальність і простоту, тому що забезпечує контакт клейової композиції по всій зовнішній поверхні ділянок ПЕТ, що з'єднуються, а також по внутрішній поверхні муфти при одночасній простоті реалізації - центрівки шляхом переміщення шайб назустріч одна одній.

Крім того, виключається необхідність наявності шайб декількох типорозмірів, виходячи з реально існуючих допусків на зовнішні діаметри ПЕТП. Ці допуски нівелюються як наявністю конусності перетину шайб, так і виконанням їх пружними і розрізними. Також забезпечується гарантований зазор між зовнішніми поверхнями труб, що з'єднуються, і внутрішньою поверхнею муфти.

Виконання шайб із матеріалу ПЕТ дає можливість проводити їх активацію шляхом протравляння, що також забезпечує гарний контакт муфто-клеювого з'єднання, підвищує міцність і герметичність ремонтного з'єднання.

Як джерело УЗ-коливань використовували ультразвукові генератори УГЗ 1-1 і УЗДНТ-0,25. Як робочий інструмент використовували контурні хвилеводи-концентратори поздовжніх УЗ-коливань грибоподібної форми. Використовуваний хвилевід складався з трьох конічних ділянок, причому вихідна ділянка мала розміри, що відповідають контуру зовнішньої поверхні ПЕТ, що активується. На робочу поверхню хвилеводу наносили насічки і накатки, що відповідають формі перетину і розмірам поглиблень на поверхні ПЕТ.

Для фіксації поверхні ПЕТ, що активується ультразвуком, відносно осі хвилеводу, на робочому торці хвилевода-концентратора хмуподібної форми з шириною 15 мм виконували фіксуючі бурти, що відповідають зовнішньому діаметру труби. Вищевказана форма хвилеводу забезпечувала одержання амплітуди ультразвукових коливань не менше 30 мкм із рівномірним її розподілом по периметру робочого торця хвилеводу з метою виключення непроактивованих ділянок у зоні контакту хвилеводу з поверхнею труби.

Крім того, зазначена форма хвилеводу і його робочого торця дозволяють за один контакт провести активацію визначеної ділянки поверхні ПЕТ. При цьому ширина ділянки труби, що активується, визначається шириною робочого торця хвилеводу, а довжина відповідає половині довжини дуги кола, утвореного зовнішнім радіусом труби. При повороті хвилеводу на 180° щодо центру перетину труби і подальшої активації ділянки ПЕТ, що знаходиться перед хвилеводом, одержуємо ділянку ПЕТ, що проактивована по всій поверхні на ширині, яка відповідає ширині робочого торця хвилеводу.

Таким чином, вищевказане розміщення поглиблень на торці хвилеводу дозволяє: ефективно і рівномірно покрити шукану поверхню ПЕТП, що з'єднуються, рядами поглиблень, тобто збільшити площу контакту клейового з'єднання і

уникнути виникнення концентрацій напруг у місці дислокації поглиблень, як у способі прототипу, як за рахунок форми перетину поглиблень, так і за рахунок часткового оплавлення їх країв; одночасно з утворенням поглиблень провести фізичну і хімічну модифікацію поверхні ПЕТП за рахунок впливу низькочастотного УЗ у зоні контакту хвилеводу хмуподібного робочого торця з поверхнею ПЕТ, що активується.

Протравляння обробленої УЗ поверхні хромовою сумішшю проводили при температурі 60-80°C протягом 10-15 хв при такому співвідношенні компонентів хромової суміші, у мас.ч.: концентрована сірчана кислота (93%, $\rho=1,84$ г/см³) - 100,0, біхромат калію - 3,5-4,5, дистильована вода 6,0-7,0.

Як епоксидний пеногерметик 4 використовували двокомпонентну композицію по способу прототипу такого складу. Компонент I: компонент № 1 пінокомпонду УП-4-258М (ТУ 6-10-80-90) - 100 мас.ч., слюда мелена (ТУ 2125-254-80) - 10 мас.ч., аеросил а-300 або а-380 (ГОСТ 14922-77) - 3 мас.ч. Компонент II: компонент № 2 пінокомпонду УП-4-258М (ТУ 6-10-80-90). Об'ємне співвідношення Компонент I/Компонент II=4:1.

Експериментальна перевірка можливості використання запропонованого способу УЗ-активації виконувалася для газових труб із поліетилену низької щільності (ТУ 6-19-352-87) з зовнішнім діаметром 63 мм. Якість активації поверхні ПЕТ оцінювалося по міцності муфто-клеювого з'єднання при його розтягуванні [14].

Нижче наводиться опис способу за винаходом з посиланнями на фігури.

На фіг. 1 поданий загальний вид з'єднання муфто-клеювого з'єднання ПЕТ у розрізі, на фіг. 2 - перетин А-А шайби.

Пропонований спосіб реалізують так.

Кінці поліетиленових труб 1 і 2, що з'єднуються, піддають активації за допомогою УЗ і протравлянням хромовою сумішшю з метою максимального підвищення адгезійної спроможності матеріалу.

Як сполучну муфту 3 використовують трубчасту заготовку, внутрішній діаметр якої перевищує зовнішній діаметр труб 1 і 2, що з'єднуються. Доцільно сполучну муфту 3 виконувати на основі армованої епоксидної композиції, наприклад, із склопластику на основі епоксидного в'язучого.

Центрівку труб 1 і 2, що з'єднуються, забезпечують шляхом установки з мінімальним зазором і з можливістю переміщення й обертання на кожній трубі 1 і 2, що з'єднується, шайби 5, що має клинчастий перетин (див. фіг. 2) із нахилом до місця стикування труб, із наступним переміщенням шайб 5 одна до другої (див. фіг. 1).

При цьому шайба 5 виконана розрізною (див. розріз 6 шайби 5 на фіг. 2) і виготовлена з матеріалу труб 1 і 2, що з'єднуються.

При короткочасному контакті робочої поверхні УЗ-хвилеводу хмуподібної форми із шуканою поверхнею ПЕТ, крім УЗ-активації останньої, на ній утворюється ряд поглиблень. Ці поглиблення обмежені в радіальному напрямку і простираються на відстань, рівній половині довжини дуги кола, що відповідає зовнішньому радіусу ПЕТ. При радіальному повороті концентратора

навколо центру симетрії труби на 180° щодо свого початкового положення, вищевказана операція повторюється, тобто в результаті утворюється концентричний ряд насічок, замкнутий по всьому контуру перетину зовнішньої поверхні труби, поверхня якої є також проактивованою УЗ.

Після цього хвилевід переміщують уздовж утворюючої по напрямку від кінців країв труби, що активується, на відстань 10-15 мм від межі насічок, і знову проводять контактну УЗ-активацію і нанесення поглиблень аналогічним способом. І так доти, поки не покриють концентричними рядами насічок усю поверхню ПЕТ, що підлягає нанесенню клейової композиції. Довжина частини ПЕТ, що активується, як правило, дорівнює половині довжини муфти (у даному випадку утворюється 2 ряди насічок). Таким же самим чином проводять УЗ-активацію поверхні для другої ПЕТ, що з'єднується з першою ПЕТ за допомогою муфто-клейового з'єднання.

Далі роблять знежирювання ацетоном проактивованих ультразвуком поверхонь ПЕТ, що з'єднуються, і протравлювання їх хромовою сумішшю по визначеному температурно-часовому режиму (у даному способі при температурі $60-80^\circ\text{C}$ протягом 10-15 хв).

Перед установкою шайб 5 також проводять активаційну обробку їхньої поверхні протравлюванням хромовою сумішшю по зазначеному вище режиму. Після цього насаджують на кожний із кінців ПЕТ 1 і 2 шайби 5 з ухилом до місця стикування труб, і симетрично переміщують їх на деяку відстань від місця стикування (ця відстань трохи перевищує довжину муфти 3). Далі насаджують на один із кінців труби муфту 3 і заводять її на деяку відстань від краю труби, не торкаючись шайб 5. Після цього наносять на оброблені ультразвуком і хромовою сумішшю поверхні труб, що склеюються, епоксидну клейову композицію з піногерметика 4 прошарком у 1 мм, з'єднують кінці ПЕТ 1 і 2, надівають на них муфту 3 симетрично щодо місця стикування труб.

Центрівку труб 1 і 2, що з'єднуються, і їхній жорсткий зв'язок щодо муфти 3 забезпечують шляхом переміщення шайб 5 назустріч одна до одної аж до щільного контакту з краями муфти 3. Допуски по зовнішньому діаметру труб 1 і 2 нівелиуються як наявністю конусності перетину шайб 5, так і виконанням їх пружними і розрізними. Така конструкція шайб також забезпечує гарантований зазор і надійний контакт між зовнішніми поверхнями труб 1 і 2, що з'єднуються, і внутрішньою поверхнею муфти 3.

Шляхом нагрівання до визначеної температури (у даному випадку $20-25^\circ\text{C}/24$ год. або $60-70^\circ\text{C}/1,5-2$ год) забезпечують затвердження епоксидної композиції, що спінується. У результаті одержують муфто-клейове з'єднання з високою адгезійною міцністю і герметичністю.

Отримане ремонтне з'єднання піддавали іспитам після впливу десятих термоциклів при температурі від -30°C до $+30^\circ\text{C}$ і при підравлічному тиску 1 МПа, у тому числі після витримки у воді при 80°C протягом 140 годин. Втрати герметичності з'єднання при цьому не спостерігали.

Нами також вивчений вплив характеру підготовки (активації) поверхні ПЕТ на міцність при

розтягуванні з'єднань, виготовлених із використанням муфт із реактопласту - таких, що термоусаджуються, і звичайних муфт. Для розміщення випробуваних з'єднань у захвата розривної машини були виготовлені спеціальні пристосування, що запобігають вислизання ПЕТ, і дозволяють витримати максимально можливе навантаження без руйнації труб у місці їх кріплення.

У табл. 3 наведені приклади реалізації запропонованих режимів активації даного способу і відомого способу [10], а також наведені порівняльні характеристики міцності (тут $\sigma_{\text{р}}$ - міцність при зсуві, $\sigma_{\text{р}}$ - напруження руйнації складання, розрахована за розміром прикладеного зусилля і геометричних розмірів муфтового з'єднання).

При реалізації зазначених у табл. 3 способів, після травлення хромовою сумішшю, відповідно до рекомендацій [14], активовану поверхню ПЕТ промивали звичайною і дистильованою водою протягом 10-15 хв.

З табл. 3 видно, що відхилення від зазначених у формулі винаходу значень параметрів активації призводить до зменшення ефективності активації, і в остаточному підсумку до зменшення адгезійної міцності готового муфто-клейового з'єднання.

У той же час спільне використання активації ультразвуком і травленням хромовою сумішшю дозволяє істотно підвищити адгезійну міцність кінцевого муфто-клейового з'єднання.

Перевагами запропонованого способу УЗ-активації поверхні ПЕТ є:

1) можливість УЗ-обробки по поверхнях ПЕТП, що забруднені різноманітними продуктами;

2) локальне виділення теплоти в зоні контакту концентратора з поверхнею ПЕТ, що виключає перегрів ПЕТ, як це має місце при активації нагрітим інструментом, газами й ін.;

3) можливість активації у важкодоступних місцях;

4) при УЗ-контакті нагрів матеріалу здійснюється швидко, а час нагрівання (і час УЗ-активації) обчислюється частками секунди, або секундами;

5) можливість одержання герметичного і високоміцного муфто-клейового з'єднання;

6) можливість використання способу в польових умовах (при живленні від акумулятора вантажівки з постійною напругою 24 В шляхом нескладного переналагодження контуру УЗ-генератора на перетворення постійної напруги в перемінну з наступним перетворенням отриманої постійної напруги в перемінну, яка подається на 4 канали генератора, і далі - на магністриктор, що сполучений із хвилеводом-концентратором по здовжніх УК-коливальних).

Джерела інформації

1. Фрейдин А.С., Турусов Р.А. Свойства и расчет адгезионных соединений. - М.: Химия, 1990. - 256 с.

2. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий. - М.: Химия, 1977. - 352 с.

3. Шилдз Д. Клеящие материалы: Справ. - М.: Машиностроение, 1980. - 368 с.

4. Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. - М.: Химия, 1974. - 392 с.

5. Генель Л.С., Вакула В.Л. Влияние обработки субстрата на адгезионную прочность // Вестник машиностроения. - 1978. - № 5. - С. 71-74.

6. Чернин И.З. Определение температуры размягчения эпоксидных пленок, отвержденных на упругой подложке // Высокомолекулярные соединения. - 1969. - Т. 11Б. - № 10. - С. 757-760.

7. Королев А.Я. Адгезия и прочность адгезионных соединений // Клей и технология склеивания. - М.: Оборонгиз, 1960. - С. 35.

8. Берлин А.А., Булачева С.Ф., Морозов Ю.Л. Исследования в области химии и технологии синтетических полимеров // Пластические массы. - 1962. - № 10. - С. 3-5.

9. Борисова Ф.К., Киселев А.В., Королев А.Я. и др. Исследование строения адгезионно-активного поверхностного слоя окисленного по-

лиэтилена методом инфракрасной спектроскопии // Коллоидный журнал. - 1966. - Т. 28. - № 6. - С. 792-785.

10. Спосіб з'єднання полімерних труб. Патент України на винахід № 10298. МКВ В29С65/02, 1996.

11. Пласки Г., Пласки Е. Системы водоснабжения из полимерных материалов. - М.: Стройиздат, 1978. - С. 61.

12. Спосіб з'єднання поліетиленових труб. Патент України на винахід № 10300. МКВ В29С65/00, 1996.

13. Волков С.С., Черняк Б.Я. Сварка пластмасс ультразвуком. - М.: Химия, 1986. - 256 с.

14. Фрейдин А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений. - М.: Химия, 1981. - 272 с.

Таблица 1

Вплив умов хімічної активації поверхні поліетилену на адгезійну міцність клейових з'єднань за даними [4]

| Умови хімічної обробки | Міцність клейового з'єднання | |
|------------------------|-----------------------------------|---|
| | при зсуві $\tau_{\text{в}}$, МПа | при відшаруванні $\sigma_{\text{відсл.}}$, Н/м |
| Без обробки | до 0,1-0,5 | 0 |
| Олеум, 40% | 7,5 | 500 |
| Олеум, 60 % | 7,5 | 600 |
| Хромово суміш | 9,0 | 900 |
| Надкислота | - | 2000 |
| Гіпохлорид натрію | 5,0 | - |
| Перекис водню | 3,5 | - |

Таблица 2

Залежність ступеня окислювання прикордонного прошарку поліетилену міцності його клейових з'єднань від способу обробки заданими [1]

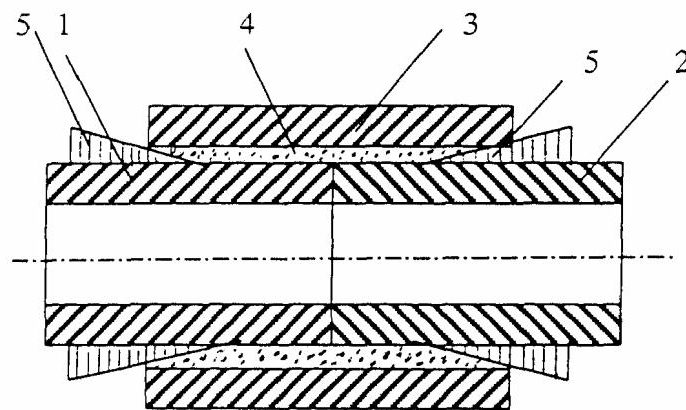
| Спосіб обробки | Утримання кисню в прикордонному прошарку. % | Кут змочування, град | Міцність при зсуві, МПа |
|---|---|----------------------|-------------------------|
| Без обробки | 0,25 | 98 | 0,55 |
| Травлення хромовою кислотою (1 хв/20°C) | 5,5 | 76 | 7,45 |
| Контактне окислювання (10 хв/150°C) | 3,75 | 78 | 5,65 |
| Газоплазмова обробка (1-2 с, повітря:газ=4:1) | 6,8 | - | 5,1 |

Залежність міцності клейового з'єднання від умов активації
поверхні поліетиленової труби

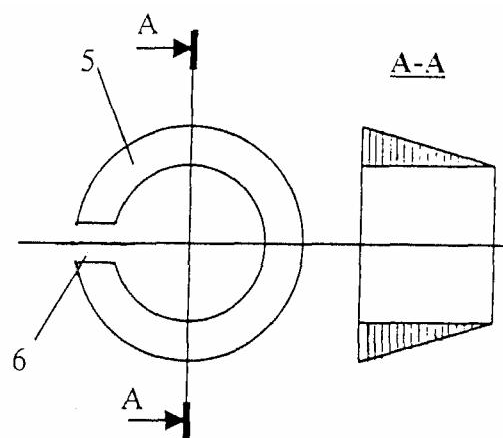
| № прикладу | Характеристика з'єднання | Способи обробки | | | | | | | | | Міцність | |
|--------------------------|--|----------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|------------------------|------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------|----------|---------|
| | | Активация хромовою сумішшю | | | | Параметри УЗ-активації | | | | | | |
| | | біхро-мат калію, мас.ч. | дис-тил. вода, мас.ч. | тем-пера-тура трав-лення, °С | час трав-лення, с | час-тота, кГц | амп-літу-да, мкМ | інтен-сивність, Вт/см ² | зу-силля при-тис-кання, Н | час обро-бки, с | τв, МПа | σр, МПа |
| За відомим способом [10] | | | | | | | | | | | | |
| 1 | НУМ, насічки, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,8 |
| 2 | НУМ, насічки, травлення, склеювання | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,4 |
| 3 | ТУМ, без клею | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,15 |
| 4 | ТУМ, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,0 |
| 5 | ТУМ, насічки, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,7 |
| 6 | ТУМ, насічки, травлення, склеювання | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,75 |
| За пропонуваним способом | | | | | | | | | | | | |
| 7 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 1 | 200 | 50 | 100 | 1 | - | 1,2 |
| 8 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 10 | 100 | 40 | 300 | 3 | - | 1,3 |
| 9 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 40 | 15 | 10 | 400 | 5 | - | 1,2 |
| 10 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 18 | 60 | 20 | 170 | 1,0 | - | 1,8 |
| 11 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 19 | 40 | 25 | 230 | 1,5 | - | 1,85 |
| 12 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 22 | 50 | 30 | 250 | 2,0 | - | 2,0 |
| 13 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 19 | 60 | 20 | 200 | 1,5 | - | 1,92 |
| 14 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 20 | 30 | 25 | 170 | 1,0 | - | 1,88 |
| 15 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 17 | 40 | 30 | 200 | 2,0 | - | 1,95 |
| 16 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 20 | 50 | 25 | 180 | 1,5 | - | 1,97 |
| 17 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 22 | 60 | 20 | 200 | 2,0 | - | 1,89 |
| 18 | ТУМ, УЗ-активация, поглиблення, знежирювання, склеювання | - | - | - | - | 20 | 30 | 30 | 150 | 1,0 | - | 1,93 |
| 19 | ТУМ, травлення, склеювання | 3,5 | 7,0 | 60 | 20 | - | - | - | - | - | 9,6 | - |
| 20 | ТУМ, травлення, склеювання | 4,0 | 6,5 | 70 | 15 | - | - | - | - | - | 9,5 | - |
| 21 | ТУМ, травлення, склеювання | 4,5 | 6,0 | 80 | 10 | - | - | - | - | - | 9,7 | - |
| 22 | ТУМ, травлення, склеювання | 4,5 | 7,0 | 80 | 15 | - | - | - | - | - | 10,0 | - |

| № прикладу | Характеристика з'єднання | Способи обробки | | | | | | | | | Міцність | |
|------------|--|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------|------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------|----------|----------------------|
| | | Активізація хромовою сумішшю | | | | Параметри УЗ-активації | | | | | | |
| | | біхро-мат-калію, мас.ч. | дис-тил. вода, мас.ч. | тем-пе-ра-тура трав-лення, °С | час трав-лення, с | час-тота, кГц | амп-літу-да, мкМ | інтен-сивність, Вт/см ² | зу-силля при-тис-кання, Н | час обро-бки, с | тв, МПа | σ _p , МПа |
| 23 | ТУМ, травлення, склеювання | 4,5 | 7,0 | 60 | 15 | - | - | - | - | - | 9,9 | - |
| 24 | ТУМ, травлення, склеювання | 4,5 | 7,0 | 20 | 90 | - | - | - | - | - | 6,5 | - |
| 25 | ТУМ, травлення, склеювання | 4,5 | 7,0 | 70 | 180 | - | - | - | - | - | 4,5 | - |
| 26 | ТУМ, травлення, склеювання | 3,5 | 7,0 | 60 | 120 | - | - | - | - | - | 7,0 | - |
| 27 | ТУМ, УЗ-активація, поглиблення, травлення, склеювання | 4,5 | 7,0 | 60 | 20 | 22 | 30 | 20 | 150 | 1 | 14,2 | >2,15 |
| 28 | ТУМ, УЗ-активація, знежирювання, травлення, склеювання | 4,5 | 6,0 | 80 | 10 | 18 | 60 | 30 | 250 | 2 | 14,5 | >2,20 |

Примітка: НУМ - муфта, що не усаджується; ТУМ - муфта, що термоусаджується; нарізки здійснювали за відомим способом [10], а поглиблення - за пропонуваним способом; значення міцності, що стоїть за знаком ">", вказує на граничне значення, отримане до руйнації кінців ТУМ у затискачах розривної машини.



Фіг.1



Фіг. 2

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60х84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
