

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи №5
«Термоконтактне зварювання полімерів»
з дисципліни “Зварювання пластмас”
для студентів освітньої програми „Технології та устаткування
зварювання” всіх форм навчання

2018

Методичні вказівки до лабораторної роботи №5
«Термоконтактне зварювання полімерів» з дисципліни “Зварювання
пластмас” для студентів освітньої програми „Технології та устаткування
зварювання” всіх форм навчання / Укл. О.Є. Капустян,. – Запоріжжя:
ЗНТУ, 2018. – 14 с.

Укладач: О.Є. Капустян, старш. викладач,
Рецензент: А.О. Шумілов, канд. техн. наук, доцент
Редактор: І.П. Аверченко
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 6
від 31.01.2018

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 6
від 13.02.2018

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ.....	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
2.1 Вступ	4
2.2 Різновиди процесу термодотактного зварювання	5
2.3 Обладнання для термодотактного зварювання.....	7
3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	10
4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ.....	11
5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ	11
6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	12
7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ...	12
8 ЗМІСТ ЗВІТУ	14
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	14

1 МЕТА РОБОТИ

Опанування техніки і технології термоконтактного зварювання поліетилену. Дослідження впливу тривалості нагрівання і температури нагрівача на якість зварних з'єднань.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Вступ

З термоконтактних методів найбільше поширення одержало зварювання постійно нагрітим електродом і термоімпульсне. У першому випадку в якості нагрівача служить електрод, виконаний з теплопровідного матеріалу, який нагріває деталі в зоні з'єднання до температури в'язкотекучого стану. У середині електрода розташована електрична спіраль. Час зварювання постійно нагрітим електродом відповідає часу його контакту з матеріалами, що зварюються. Тиск при зварюванні здійснюється за рахунок притиснення електрода. Нагріті деталі стискають з метою зближення ділянок зварювальних поверхонь на відстані, при яких між ними виникають сили міжмолекулярної взаємодії.

В результаті спільного перетікання поверхневих шарів матеріалів відбувається їх часткове перемішування, а також взаємодифузія сегментів макромолекул полімеру з однієї поверхні в іншу. Після охолодження ділянок, де відбулося перемішування матеріалів і взаємодифузія молекул, утворюється нероз'ємне з'єднання, тобто зварний шов.

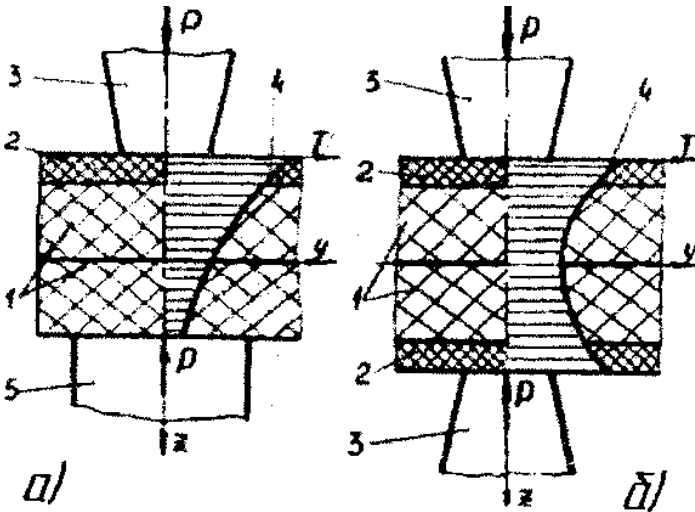
Такий метод відзначається стабільністю процесу, простотою обладнання, що використовується, високою якістю зварних з'єднань. Тому цей спосіб знайшов широке застосування при виготовленні різноманітних силових конструкцій і, в першу чергу, трубопроводів різних розмірів і призначення. Цим методом також зварюють плівки з різноманітних полімерних матеріалів.

2.2 Різновиди процесу термоконттактного зварювання

Нагрівання деталей при термоконттактному зварюванні може здійснюватися двома способами:

- нагрівач контактує із зовнішньою поверхнею деталі, а тепло передається до зварюваної поверхні через товщину матеріалу;
- нагрівач контактує безпосередньо зі зварюваними поверхнями.

Перший спосіб використовують при зварюванні внапуск виробів з плівок і тонколистових матеріалів, другий – при зварюванні товстостінних виробів. При нагріванні зварюваних деталей з боку зовнішньої поверхні, підведення теплової енергії може здійснюватись як з однієї сторони, так і з обох сторін з'єднання (рис. 2.1).



1 – зварювані деталі; 2 – прокладка; 3 – нагрівач; 4 – лінія, що характеризує розподіл температури; 5 – опора,

P – зусилля стискання; T – вісь температур; Y, Z – координатні вісі

Рисунок 2.1 – Схема контактнo-тепловoго зварювання і характер розподілу температури вздовж розрізу виробу при односторонньому (а) і двосторонньому (б) підведенні тепла

З рисунка видно, що розподіл температури по товщині матеріалу є нерівномірним, що обумовлено низьким коефіцієнтом теплопровідності полімерних матеріалів.

Швидкість досягнення зазначеної температури в зоні зварювання залежить від температури нагрітого інструменту, товщини зварюваних матеріалів і їх теплофізичних властивостей.

Двостороннє нагрівання матеріалу сприяє більш швидкому нагріванню до потрібної температури і тому використовується для зварювання плівок значної товщини ($\delta > 0,25$ мм).

Температура нагрівача повинна бути досить високою, але не перевищувати температуру термодеструкції полімерного матеріалу з тим, щоб не відбувся його розпад.

Щоб запобігти прилипанню матеріалу до поверхні нагрівача, остання захищена фторопластовою або целофановою плівкою. Нагрівач виконує одночасно і функцію пресуючого елементу, за допомогою якого необхідне зусилля осадки передається в зону зварювання. Нагрівач може мати постійну температуру, або працювати в імпульсному режимі. В останньому випадку тепла енергія у нагрівачу виділяється короткочасно протягом проміжку часу, достатнього для прогрівання з'єднання до температури зварювання. Це досягають за рахунок пропускання імпульсу струму через нагрівальний елемент, виготовлений з ніхромової стрічки. Після вимикання струму деталі витримуються під навантаженням протягом декількох секунд для охолодження під тиском з метою запобігання деформуванню з'єднання, що сприяє підвищенню якості зварювання.

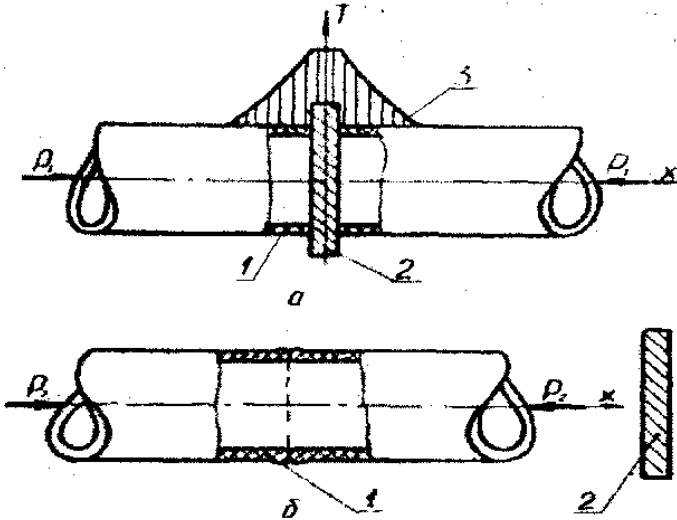
Безпосереднє нагрівання з'єднуваних поверхонь використовують при зварюванні деталей товщиною більш 0,4 мм. При цьому способі зварювані поверхні нагрівають за допомогою гарячого інструменту (рис. 2.2) до потрібної температури, після чого інструмент забирають, а нагріті поверхні з'єднують під тиском. Деталі можна з'єднувати як встик, так і внапуск.

Якість зварних з'єднань залежить в значній мірі від температури нагрівача, тривалості нагрівання і тиску осадки.

Чим вища температура нагрівача, тим швидше і до більш високих температур нагріваються з'єднувані поверхні. Коли температура нагрівача перевищує температуру термодеструкції матеріалу, якість зварних з'єднань знижується і стає нестабільною.

Збільшення тривалості нагрівання сприяє кращому прогріванню матеріалу і поліпшенню якості зварних з'єднань, однак веде до утворення великої кількості грату і значного підсилення шва. Як правило, тривалість нагрівання вибирають в межах 2 с – 10 с. Тиск

осадки повинен бути достатнім для витиснення повітря і різноманітних забруднень із зони зварювання і забезпечення перетікання поверхневих шарів матеріалу з'єднуваних кромок. Як правило, величина тиску осадки для різних термопластів коливається в межах 0,2 МПа – 0,5 МПа.



a – нагрівання деталей; *б* – осаджування під тиском
 1 – деталь; 2 – інструмент; 3 – крива розподілу температур $T=f(x)$;
 P – зусилля притискання деталей до поверхні нагрівача; P_2 – зусилля осадки;
 X – координатна вісь

Рисунок 2.2 – Зварювання труб шляхом нагрівання з'єднуваних поверхонь гарячим інструментом

2.3 Обладнання для термоконтактного зварювання

Нагрівальні елементи можуть бути у виді:

- паяльника клиновидної форми;
- роликів;
- стрічки.

При термоконтактному зварюванні подається струмобезпечна напруга (до 12 В), яка відповідає зміні температури від 0°C до 800°C .

Зварювання може здійснюватись ручним або механізованим

способом.

Але при ручному способі не забезпечуються точні технологічні режими зварювання. Тому в основному використовується механізований спосіб зварювання.

Для механізованого способу використовують машини послідовної дії, які працюють за принципом універсальних швейних машин. На цих машинах можна обробляти деталі по любому криволінійному контуру.

Найкращі результати дає термодотичне зварювання при з'єднанні тонких плівок товщиною 0,1 мм – 0,2 мм (при односторонньому нагріві) і 0,3 мм – 0,5 мм (при двосторонньому).

Для зварювання поліетиленової плівки товщиною 0,025 мм – 0,1 мм використовується машина МСПП-1.

Машина працює за принципом універсальної машини 1022 кл.

Замість голки встановлений верхній ролик, замість двигуна тканини – нижній ролик, на які подається необхідна температура.

В цьому випадку переміщається плівка.

Спосіб з'єднання деталей – послідовний.

В наш час широке використання отримали машини фірми «Пфафф» для термічного зварювання плівкових матеріалів і матеріалів з покриттями.

Для ручного термодотичного зварювання термопластів використовують різноманітні нагрівальні елементи, виготовлені у формі пластин, роликів, смужок, дисків, пальників та інших пристроїв, що нагріваються електричним струмом або іншим джерелом тепла.

Зварювані елементи стискають при цьому ручним способом за допомогою нагрівача або іншого пристрою, наприклад обтискувального ролика.

Для підвищення продуктивності процесу і якості зварних з'єднань розроблені різноманітні пристрої.

Зварювання плівок у побутових умовах здійснюють за допомогою пристрою «Молния». На корпусі пристрою змонтовано нагрівальний елемент з ніхромової стрічки 1,2 мм х 0,12 мм, яка покладена на опору з ізоляційного матеріалу і підключена до понижуючого трансформатора живлення з робочою напругою 12 В.

Над нагрівальним елементом змонтований притискувальний пристрій. При натисканні на пристрій і досягненні потрібної величини

зусилля спрацьовує мікровмикач і подає напругу на нагрівальний елемент і сигнальну лампочку.

Нагрівач і контактна планка навантажувального пристрою захищені фторопластовою плівкою для запобігання можливості прилипання до них розплавленого полімеру.

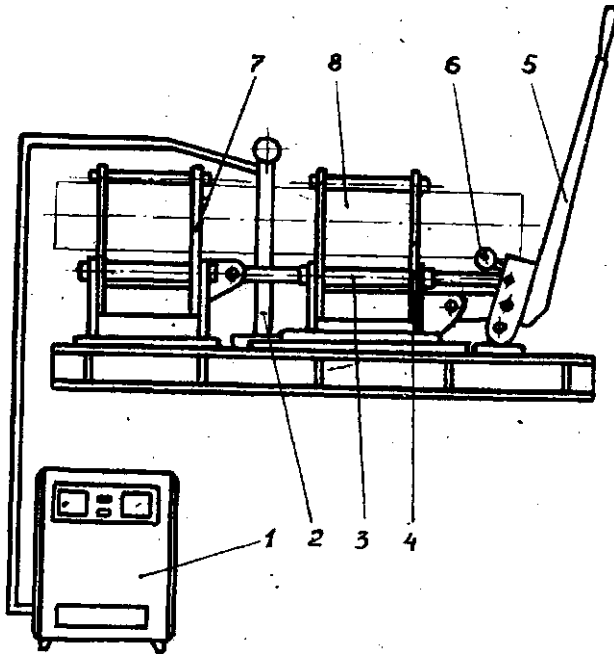
Пристрій використовують для зварювання плівок товщиною до 0,3 мм.

Для зварювання встик поліетиленових труб нагрітим інструментом у ІЕЗ ім. Є.О. Патона розроблена установка УСТТ з блоком живлення ОБ-2207. Установки випускаються декількох типорозмірів для зварювання труб різних діаметрів. До складу установки входить блок живлення, нагрівач і механізм стискання деталей.

Установка складається (рис. 2.3) з блоку живлення 1, нагрівача 2 і механізму стиснення зварюваних деталей, що представляє собою станину з направляючими 3, на яких є нерухома 7 і рухома 4 затискні обойми для кріплення зварювальних заготовок. Рухома обойма переміщується уздовж напрямних за допомогою системи 5 важелів і тяг. Між важелями поміщений датчик тиску 6. Положення рухомої обойми фіксується засувкою, розташованої на важелі.

Нагрівач має алюмінієвий корпус, в середині якого знаходиться ізольований нагрівальний елемент з ніхромового дроту. Нагрівач підключений до понижуючого трансформатора, розташованого в блоці живлення. В корпусі нагрівача є датчик температури (теморезистор), сигнал від якого передається в блок живлення для автоматичного контролю і стабілізації температури нагрівання. Регулювання температури можливе в межах 160°C – 240°C . Корпус нагрівача захищений фторопластовою тканиною для запобігання налипання розплавленого полімеру.

Для запуску установки в роботу необхідно увімкнути блок живлення і встановити на регуляторі необхідний температурний діапазон. Труби з полімерного матеріалу закріплюють в обоймах механізму стискання, а їх торці зачищають за допомогою спеціальної фрези, що входить до комплекту установки. Потім нагрівач ставлять між трубами і притискають їх торці до поверхні нагрівача протягом 20 с – 50 с. Після оплавлення торців нагрівач виймають і ставлять в касету, а труби швидко стискають для утворення нероз'ємного з'єднання.



1 – блок живлення; 2 – нагрівач; 3 – датчик тиску; 4 – рухливі обойми;
5 – важіль; 6 – датчик тиску; 7 – нерухома обойма; 8 – заготовки, що зварюються

Рисунок 2.3 – Пристрій ОБ-2207 для зварювання труб

Аналогічним способом зварюють встик з використанням спеціалізованого обладнання деталі іншої конфігурації.

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Необхідно з'ясувати суть процесу термоконтального зварювання пластмас, його різновиди, особливості виконання, застосовуване обладнання, правила техніки безпеки при виконанні роботи. До проведення роботи слід приготувати загальну частину звіту, в якій привести назву роботи, мету, методику виконання,

таблицю для записування результатів.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Суть термоконтактного зварювання полімерів.
2. Які існують різновидності процесу термоконтактного зварювання, коли вони застосовуються?
3. Які нагрівачі використовують для термоконтактного зварювання?
4. Яка технологія термоконтактного зварювання плівок?
5. Яка технологія стикового термоконтактного зварювання?
6. Як вибрати температуру нагрівача і тривалість нагрівання при зварюванні полімерів?
7. Як впливає зміна температури і тривалості нагрівання на якість зварних з'єднань поліетилену?

5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Зразки 16 мм × 8 мм × 80 мм з поліетиленових труб.
2. Зразки плівки товщиною 0,08 мм; 0,12 мм і 0,2 мм.
3. Секундомір.
4. Ножиці, терпуг, лещата, ніж.
5. Пристрій для кріплення трубних зразків.
6. Пристрій «Молния» для зварювання поліетиленової плівки.
7. Установка УСТТ-110 для зварювання труб термопластів.

6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Роботи по зварюванню поліетилену дозволяється проводити тільки при включеній витяжній вентиляції.
2. При роботі зі зварювальним обладнанням дотримуватись загальних правил електробезпеки. Не дозволяється проводити огляд, вивчення і ремонт зварювальних пристроїв, коли вони підключені до електричної мережі.
3. Не переносити з місця на місце ввімкнені в електричну мережу пристрої.
4. Не торкатись до робочої поверхні нагрівача рукою.
5. Огляд і випробування зразків проводити після їх повного охолодження.

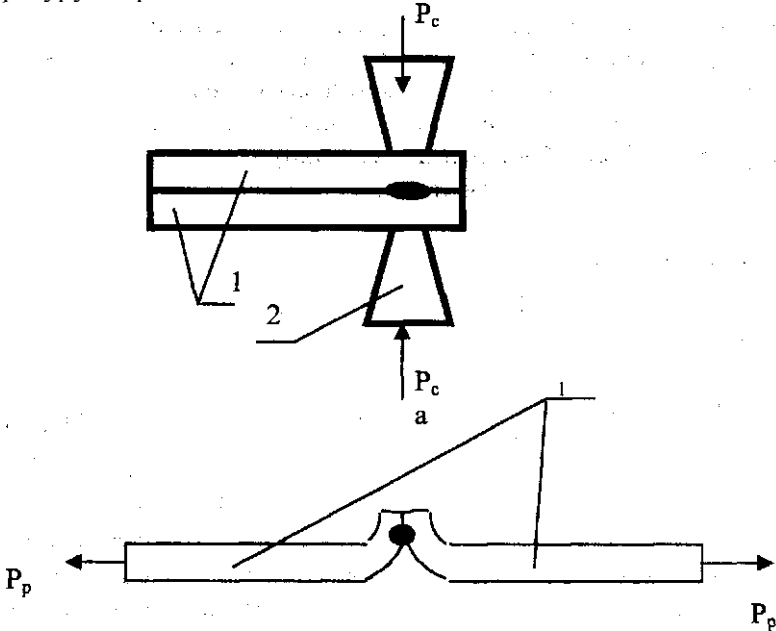
7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Вивчити конструкцію і принцип дії пристрою для зварювання плівок.
2. Зварити зразки плівки товщиною 0,08 мм внакладку при різній тривалості процесу нагрівання, починаючи з 3 с , 5 с і т.д.
3. Після кожного циклу зварювання розірвати зразок (рис. 7.1) з метою з'ясування по якій зоні з'єднання він порушиться. Якщо зразок розшарувався по площині з'єднання, то необхідно збільшити на 2 с тривалість нагрівання і знову зварити зразок. Експерименти проводити до тих пір, доки не буде встановлена мінімальна тривалість процесу нагрівання, при якій розрив плівки відбудеться по зоні термічного впливу поруч зі швом.
4. Таким же чином визначити оптимальну тривалість процесу нагрівання при зварюванні плівок товщиною 0,12 мм і 0,20 мм. Побудувати графічну залежність величини оптимальної тривалості процесу нагрівання від товщини плівки $T = f(\delta)$.
5. Вивчити конструкцію і принцип дії устаткування для зварювання труб.

6. Зачистити торці 12 зразків, вирізаних із поліетиленової труби.

7. Заміряти загальну довжину двох зразків, закріпити їх в пристрої для стискання.

8. Включити установку і виставити за допомогою регулятора температуру нагрівача 200°C .



1 – зразки; 2 – зварювальний інструмент

P_c – зусилля стискання при зварюванні, P_p – розривне зусилля

Рисунок 7.1 – Схема зварювання (а) і випробування (б) зразків з поліетиленової плівки

9. Після досягнення заданої температури (запалюється сигнальна лампочка) вставити нагрівач між зразками і притиснути їх до поверхні нагрівача. Нагріти зразки протягом 10 с, витягнути нагрівач і швидко стиснути оплавлені поверхні зразків.

10. Через декілька секунд витягнути зварений зразок з пристрою, виміряти й вичислити величину осадки. Зачистити ножом ґрат і зігнути зразок до руйнування. Оцінити кут загину зразка до початку руйнування. Результати занести в таблицю 7.1.

11. Дослідити вплив тривалості нагрівання на якість з'єднання.

Для цього зварити ще 3 пари зразків при температурі 200°C і тривалості нагрівання 20 с, 40 с і 60 с. Визначити величину осадки і кут загину зразків після зварювання. Результати записати в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1 – Вплив параметрів режиму на якість зварних з'єднань

Температура нагрівача, $^{\circ}\text{C}$	Тривалість нагрівання, с	Сумарна довжина зразків, мм		Величина осадки, мм	Кут зачину зразка, град
		до зварювання	після зварювання		

12. Дослідити вплив температури нагрівача на якість зварних з'єднань. Для цього виконати процес зварювання при температурі 180°C , 220°C , 240°C і тривалості нагрівання 20 с. Виміряти величину осадки і кут загину. Дані записати в таблицю.

13. Побудувати графічні залежності величини осадки і кута загину зварних з'єднань від температури нагрівача і тривалості нагрівання. Зробити висновки про вплив параметрів режиму на якість зварних з'єднань

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Назва, мета.
2. Методика проведення.
3. Результати дослідів, оформлені у виді таблиці.
4. Графічна залежність величини осадки і куту загину від температури і тривалості нагрівання.
5. Висновки.

9 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гальчинский, Л.В. Сварка, склеивание и напыление пластмасс / Л.В. Гальчинский, Н.И. Осмак. - Львов: Изд. Львовского университета, 1968. - 280 с.