

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи №1

«Дослідження процесів зварювання термопластів газовим
теплоносієм»

з дисципліни «Зварювання пластмас»

для студентів освітньої програми «Технології та устаткування
зварювання» всіх форм навчання

2018

Методичні вказівки до лабораторної роботи №1 «Дослідження процесів зварювання термопластів газовим теплоносієм» 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 Суть методу зварювання газовим теплоносієм	5
2.3 Обладнання і принцип роботи	8
3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ...	11
4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ.....	12
5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ.....	12
6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	12
7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ	13
8 ЗМІСТ ЗВІТУ	13
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	14

1 МЕТА РОБОТИ

Опанувати техніку і технологію зварювання термопластів газовим теплоносієм. Дослідити вплив температури газу на швидкість зварювання та якість зварних з'єднань.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Вступ

В даний час в різних галузях техніки все більш широке застосування знаходять різноманітні типи пластмас.

Пластичними масами називаються матеріали, виготовлені на основі високомолекулярних органічних речовин-полімерів, що складаються з великих молекул розгалуженої сітчастої або просторової структури. Зазвичай пластмаси – це багатокомпонентні суміші, до складу яких, крім полімеру, вводять різні наповнювачі, барвники, стабілізатори та інші спеціальні добавки. Пластмаси відрізняються хорошими корозійними і механічними властивостями, високою зносостійкістю, є відмінними діелектриками, мають низьку питому вагу та інші позитивні якості.

Як конструкційні полімерні матеріали найбільш широко використовуються полівінілхлорид, поліетилен, поліпропілен, фторопласт, поліметилметакрилат і деякі інші матеріали.

Сучасні методи формування виробів із пластмас – лиття під тиском, екструзія, вакуум формування та ін. дозволяють одержувати як готові вироби, так і напівфабрикати, які потім різними способами переробляються у вироби. Близько 40% – 50% виробів, що випускаються, виготовляються у вигляді збірних конструкцій, отриманих різними способами з'єднання вузлів і деталей: механічні, склеювання, зварювання і т.д.

У наш час зварювання є основним способом одержання нероз'ємних з'єднань. Зварювання – процес утворення нероз'ємного з'єднання, заснований на взаємній дифузії (дифузійне зварювання) або хімічній взаємодії (хімічне зварювання) макромолекул полімерів, у результаті яких зникає границя розділу між, поверхнями що

з'єднуються й утворюється структурний перехід від одного полімеру до іншого. Зварювання незамінне при виробництві впакування в будь-якій галузі, особливо в харчовий, широко застосовується в будівництві, сільському господарстві й ін. Для полімерних матеріалів характерні низька теплопровідність і висока теплоємність. Тому зварювання відбувається тільки в інтервалі температур, при яких полімер перебуває у в'язкотекучому стані.

Якість з'єднань, отриманих зварюванням, залежить від умов проведення процесу, будови полімерної фази й сумісності полімерів. Контактньо-теплове зварювання є найбільш простим і економічним методом, що характеризують досить високі міцнісні характеристики з'єднання.

Розроблено безліч способів зварювання термопластичних полімерних матеріалів, що забезпечують високу якість зварних з'єднань. Це дозволило використовувати полімерні матеріали для виготовлення відповідальних зварних конструкцій.

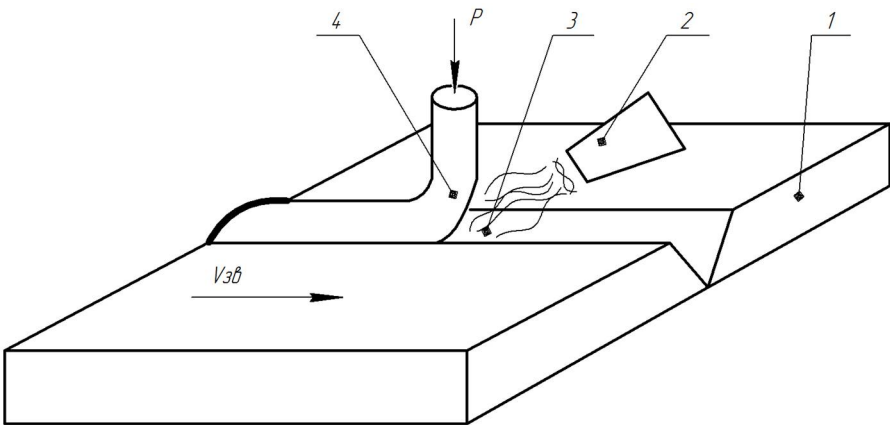
Вперше зварювання пластмас було здійснено з використанням газового теплоносія. Цей спосіб і в даний час є провідним при виготовленні пластмасових конструкцій з листових матеріалів середньої і великої товщини ($\delta = 3$ мм). Особливо істотні переваги цього способу зварювання перед іншими в умовах дрібносерійного і одиничного виробництва, а також в монтажних умовах.

2.2 Суть методу зварювання газовим теплоносієм

Нероз'ємні з'єднання при зварюванні здатні утворювати, в основному, тільки термопластичні полімери. Ці матеріали при нагріванні переходять з твердого у в'язкотекучий стан, а при охолодженні знову тверднуть. Якщо перехід у в'язкотекучий стан здійснюється при таких температурах, при яких ще не відбувається розкладання матеріалу і втрата його властивостей, то процес зварювання йде без ускладнень, а якість зварних з'єднань висока. У таких матеріалів, як поліетилен, поліпропілен, поліізобутилен, поліамід, температура термодеструкції перевищує температуру плавлення більш ніж на 50°C . Тому зазначені матеріали відносяться до категорії, що добре зварюються.

Процес зварювання термопластів газовим теплоносієм базується на нагріванні кромки матеріалів, що з'єднуються до температури в'язкотекучого стану за допомогою струменю гарячого газу.

Виконують зварювання переважно із застосуванням присадного матеріалу, що має форму прутка. Для нагрівання присадного та основного матеріалу використовують газоповітряні і електропневматичні пальники. Гарячий газ, що виходить із сопла пальника, нагріває одночасно зварювані кромки та основу прутка (рис. 2.1), щільний контакт між якими створюється завдяки безперервному поданню присадного матеріалу в зону зварювання.



P – напрямок тиску на присадний пруток; $V_{зб}$ – напрямок зварювання;
1 – зварювані деталі; 2 – сопло зварювального пальника; 3 – струмінь гарячого газу;
4 – присадний дріт

Рисунок 2.1 – Схема зварювання пластмаси газовим теплоносієм

Зварювання газовим теплоносієм з використанням присадних прутків застосовується головним чином для з'єднання твердих термопластів, так як тільки при достатній жорсткості прутка можливо забезпечити його стабільне положення при зварюванні і надійний контакт між присадним та зварюваними матеріалами.

Цим методом можуть бути виконані усі види зварних з'єднань: стикові, кутові, таврові і внапуск.

Напруга живлення звичайно не перевищує 36 В, однак можливе використання і більш високої напруги.

Струмінь газу, що виходить із сопла пальника спрямовують таким чином, щоб забезпечувалось рівномірне прогрівання всіх

елементів з метою розм'якшення їх поверхневих шарів. При натисканні на пруток він приварюється до розм'якшеної поверхні деталей, утворюючи зварний шов.

При зварюванні використовуються одинарні прутки діаметром 2 мм – 5 мм, а також подвійні прутки діаметром 2 мм – 3 мм.

При збільшенні діаметру прутка скорочується час на заповнення розробки кромки і збільшується міцність зварного з'єднання. Однак, при використанні прутків великого діаметру важко забезпечити їх рівномірне прогрівання, тому частіше використовують прутки діаметром 3 мм.

Якість зварних з'єднань в значній мірі залежить від режимів і техніки зварювання.

Швидкість укладання зварювального прутка діаметром 3 мм повинна складати 12 м/год – 15 м/год. При меншій швидкості має місце перегрівання і деструкція зварювальних матеріалів, при більш високій швидкості – матеріал і пруток не встигають нагріватись до температури зварювання. В обох випадках різко знижується міцність зварних з'єднань.

Кут нахилу прутка до поверхні деталей повинен дорівнювати $\gamma = 90^\circ$ (рис. 2.2 а). При подачі прутка під кутом $\gamma > 90^\circ$ (рис. 2.2 б) пруток витягується і при охолодженні в ньому виникають великі напруження. Якщо кут $\gamma < 90^\circ$ (рис. 2.2 в), то пруток нагрівається швидше ніж основний матеріал і тому не встигає приваритися до холодного матеріалу. Через поздовжнє стискання прутки вигинаються з утворенням хвиль.

Відстань від сопла пальника до поверхні деталі приймають $\alpha = 20^\circ - 25^\circ$ при товщині листа до 5 мм і $\alpha = 30^\circ - 45^\circ$ при товщині більше 5 мм.

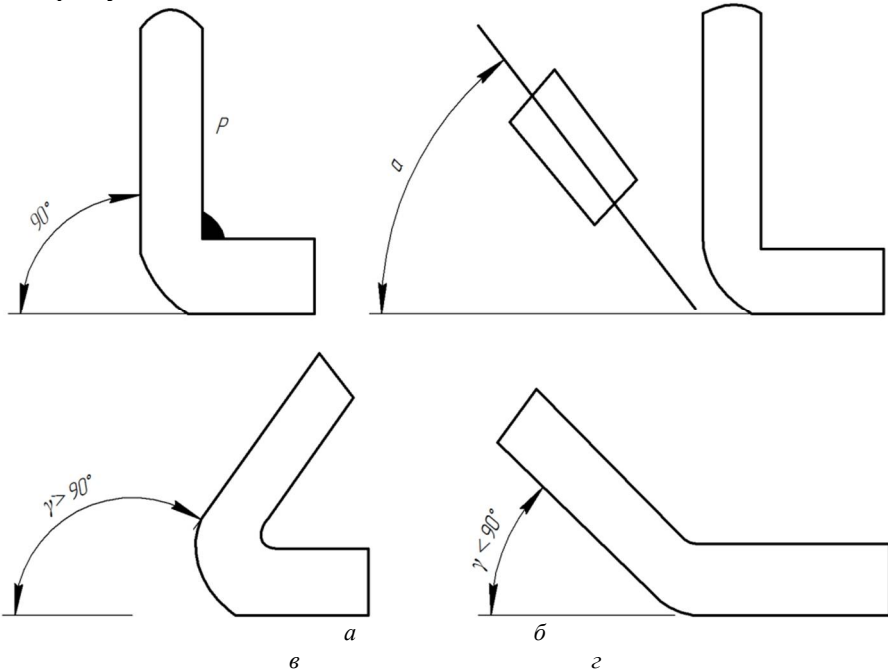
Величина зусилля, з яким слід прутки притискати до поверхні деталі, приблизно дорівнює:

$$P = 5d \cdot H,$$

де d – діаметр прутка в мм.

Перехоплювання прутка, що викликає перерву в зварюванні, є небажаним, так як при цьому шов стає нещільним. Тому зварювальник повинен рівномірно пересувати пальник по мірі укладання прутка і одночасно подавати його вздовж шва. При

виконанні багат шарових швів кожен наступний ряд накладають після охолодження попереднього до температури не вище 40°C . Охолодження слід проводити повільно, щоб не відбулося розтріскування зварного з'єднання внаслідок нерівномірної усадки матеріалу.



a – правильне положення електроду; *б* – положення сопла пальника;
в, г – неправильне положення електроду

Рисунок 2.2 – Можливе положення електроду і напрямок дії зусилля на електрод при зварюванні

2.3 Обладнання і принцип роботи

Для зварювання термопластів газовим теплоносієм з присадним електродом використовують пальники з підігрівом за допомогою газозгоряючих сумішей прямої (ГПП-1) та непрямої (ГПК-1) дії, а також пальники з електропідігрівом газового теплоносія (ГЕП-2).

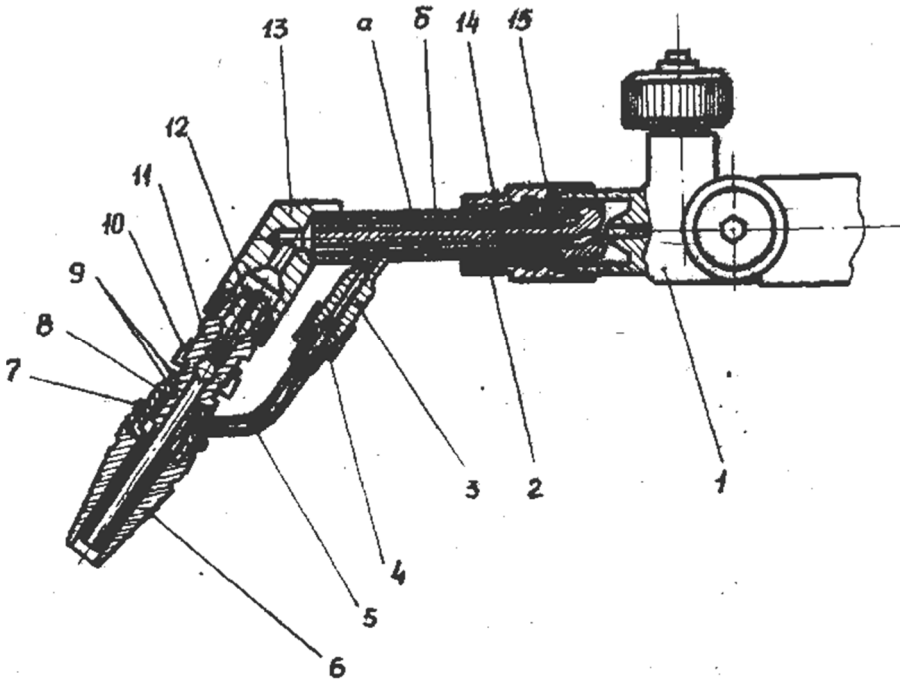
Електричні пальники є зручні у користуванні, мають більш просту конструкцію і тому більше розповсюджені.

Технічні дані пальників приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики пальників для зварювання термопластів

Показник	Величина		
	ГГК-1	ГГП-1	ГЕП-1-67
Принцип нагріву газу теплоносія	В теплообміннику від тепла згоряння горючих газів	За рахунок змішування з продуктами згоряння	В теплообміннику за рахунок тепла від електрообігрівача
Температура газу-теплоносія, °С (не більше)	500	1700	500
Тиск, МПа: горючого газу, повітря	0,05–0,1 0,1–0,2	0,01–0,1 0,08–0,5	– 0,015–0,1
Витрата, м ³ /год пропану	0,12	0,04	–
або природного газу, повітря	0,36 3	0,11 3,5	– 3
Маса, кг	0,5	0,6	0,68

Пальник ГГП-1 (рис. 2.3) складається із ствола від стандартного газозварювального пальника ПММ-53 і спеціального наконечника, який приєднується до нього накидною гайкою 14. При затягуванні її, камера 2 наконечника ущільнює повітряний канал, а гумове кільце 15 – кільцевий простір, по якому подається горючий газ. Камера 2 має два канали: для проходження горючого газу (рис. 2.3 а) і для подачі стисненого повітря (рис. 2.3 б). В камеру 2 упаяний штуцер 3, до якого за допомогою накидної гайки 4 приєднана трубка 5. Іншим своїм кінцем вона припаяна до корпусу 8. Усередині корпусу 8 і навінченого на нього мундштука 6, встановлюваного в потрібному положенні за допомогою контргайки 7, проходить сопло 11, що має гумову прокладку 9, ущільнюючу зазор в хвостовій частині між корпусом 6 та соплом 11.



1 – ствол; 2 – камера; 3 – штуцер; 4 – гайка; 5 – трубка;
 6 – мундштук; 7 – контргайка; 8 – корпус; 9 – прокладка; 10 – кільце;
 11 – сопло; 12 – інжектор; 13 – газова камера; 14 – гайка; 15 – прокладка
a – канал для горючого газу; *б* – канал для повітря

Рисунок 2.3 – Пальник ГГП-1

Сопло 11 угвинчено в газову камеру 13, в яку впаяна камера 2. У стінках сопла 11 є отвори, які служать для сполучення каналу сопла з атмосферою. Вони можуть закриватися регулювальним кільцем 10. У сопло 11 угвинчений інжектор 12.

Пуск, регулювання і припинення подачі пального газу та стисненого повітря проводиться за допомогою відповідних вентилів.

Горючий газ зі стволу пальника проходить по каналу *a* камери 2, в газову камеру 13, звідки через отвір в інжекторі потрапляє в сопло 10. За рахунок значної швидкості потоку горючого газу в каналі сопла 10 створюється розрідження, завдяки якому через отвори в стінках сопла засмоктується повітря з атмосфери.

Підсмоктування повітря регулюється переміщенням уздовж осі сопла регулювального кільця 11, що відкриває в потрібному ступені

отвори. Газоповітряна суміш згорає в камері, що утворюється за рахунок того, що мундштук 6 кілька виступає за зріз сопла 10. У цю ж камеру надходить стиснений газ-теплоносій, який із сопла пальника проходить через канал в камері 2 по штуцеру 3 і трубці 5 в кільцевий зазор між корпусом 6 та соплом 10. У соплі є вісім поздовжніх каналів, через які стиснений газ-теплоносій по кільцевому зазору надходить в камеру. Струмінь його, який направляють уздовж конічної поверхні мундштука 7, формує факел полум'я, що має форму правильного конуса, вершина якого видається з мундштука на 3 мм – 7 мм. Відпрацьовані гази змішуються зі струменем стисненого газа-теплоносія; після змішування утворюється струмінь нагрітого до необхідної температури газу.

Як горючий газ використовується переважно пропан або природний газ. Можливість роботи пальника в широкому діапазоні тисків забезпечується застосуванням змінних інжекторів з різним діаметром отвору для витікання газу.

Так як температура нагрітого газу може змінюватися в широких межах, це дозволяє використовувати пальник і для підігріву листів і труб різної товщини при виготовленні окремих вузлів і деталей.

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

При підготовці до лабораторної роботи необхідно з'ясувати суть процесу зварювання пластмас газовим теплоносієм, вивчити конструкцію і принцип роботи пальника для зварювання, з основними рекомендаціями по техніці виконання зварних швів і безпечних методів роботи.

До проведення роботи необхідно підготувати загальну частину звіту, у якій слід привести назву роботи, її мету, методику виконання і таблицю для запису результатів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Вплив температури газа-теплоносія на швидкість зварювання і якість зварних з'єднань

Температура газу, T , °C	Час зварювання t , с	Швидкість $V_{зв}$, мм/с	Наявність дефектів у шві
----------------------------	------------------------	---------------------------	--------------------------

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Яка суть процесу зварювання пластмас газовим теплоносієм?
2. Яке обладнання використовують для зварювання газовим теплоносієм?
3. Конструкція і принцип дії газового пальника.
4. Які фактори впливають на якість зварних з'єднань?
5. Як впливає температура газу на продуктивність процесу зварювання і якість зварних з'єднань?
6. Чим пояснюється зниження якості зварних з'єднань при високих температурах газу?

5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Зразки з вініпласту $\delta = 3 \text{ мм} \div 5 \text{ мм}$.
2. Присадний пруток діаметром $3 \text{ мм} \div 4 \text{ мм}$.
3. Терпуг.
4. Молоток.
5. Пристрій для складання зразків при зварюванні.
6. Пост для зварювання.

6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Роботи по зварюванню проводити на постах, обладнаних місцевою витяжною вентиляцією.
2. При користуванні пальником виконувати правила електробезпеки.
3. Не торкатись до теплообмінника пальника голою рукою. При зварюванні тримати пальник в руці, одягнений в рукавичку.

4. Слідкувати, щоб під час зварювання струмінь гарячого газу не потрапив на відкриті ділянки тіла.

7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Вивчити конструкцію установки для зварювання пластмас і порядком її запуску в роботу.
2. Перевірити справність з'єднувальних кабелів.
3. Заварити шов за один прохід, заміряти час зварювання і визначити швидкість зварювання.
4. Оцінити якість з'єднання по зовнішньому виду. Зламати зразок. Виявити наявність несплавлень та інших внутрішніх дефектів.
5. Скласти пластини іншими сторонами і заварити їх по чергово при наступних температурах газу: 300° С, 350° С, 400° С.
6. Визначити час і швидкість зварювання при кожному режимі. Оцінити якість швів у кожному випадку. Дані записати в таблицю.
7. Побудувати графічну залежність швидкості $V_{зв} = f(T)$.
8. Зробити висновок про вплив температури теплоносія на швидкість і якість зварювання. Визначити оптимальну температуру для зварювання.

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Назва, мета.
2. Методика проведення.
3. Результати дослідів, оформлені у виді таблиці.
4. Графічна залежність швидкості зварювання від температури газу.
5. Висновки.

8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гальчинский, Л.В. Сварка, склеивание и напыление пластмасс / Л.В. Гальчинский, Н.И. Осмак. - Львов: Изд. Львовского университета, 1968. - 280 с.
2. Зайцев К. И., Мацюк Л. П. Сварка пластмасс. – М.: Машиностроение, 1978. – с. 5...13, 98...113.