

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 3

«Дослідити технологічний процес ультразвукового точкового зварювання. Вивчити елементи конструкції машин зварювання»

з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання тиском»

для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка»
освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» та
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 3 «Дослідити технологічний процес ультразвукового точкового зварювання. Вивчити елементи конструкції машин зварювання» з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання тиском» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» та «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укладач: В.В. Нетребко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024 р. – 14 с.

Укладач: В.В. Нетребко, професор, докт. техн. наук

Рецензент: М.Ю. Осипов, доцент, канд.техн. наук

Відповідальний за випуск: В.В. Нетребко, професор, докт. техн. наук

ЗАТВЕРДЖЕНО:
на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол №5 від 29.11.2024 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №4
від 17.12.2024 р.

ЗМІСТ

1 Мета роботи	4
2 Загальні положення	4
4 Контрольні запитання	8
5 Матеріали, інструменти, прилади і обладнання	9
6 Вказівки з охорони праці та техніки безпеки.....	11
7 Порядок проведення роботи	12
8 Зміст звіту.....	13
Рекомендована література	14

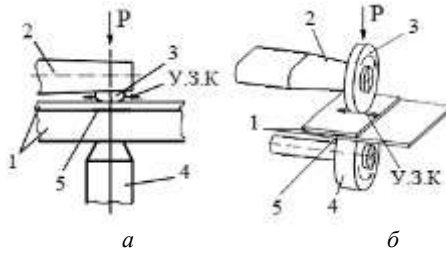
1 МЕТА РОБОТИ

Мета роботи – дослідження та аналіз точкового ультразвукового зварювання. Ознайомитись та вивчити елементи конструкції кліщів КТУ-1,5 для точкового ультразвукового зварювання.

2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Ультразвукове зварювання (УЗЗ) – це зварювання тиском при дії ультразвукових коливань (УЗК). Ультразвукове зварювання металів має унікальні особливості. Це, в першу чергу, можливість отримання надійних зварних з'єднань з мінімальним перехідним електричним опором. При цьому можна обійтися без попередньої обробки поверхонь деталей (без зняття оксидних плівок, лаку). Можливість отримання зварювання деталей різної товщини, при цьому товщина може відрізнятись в 100 разів. Можливість зварювати різнорідні метали: мідь – алюміній, алюміній – бронзу, алюміній – нікель, алюміній – срібло, алюміній – золото і т.д.

З'єднання утворюється за спільної дії на деталі стискального зусилля і УЗК, що супроводжується відносним тангенціальним переміщенням малої амплітуди з'єднуваних поверхонь та нагріванням металу в зоні контакту. Стискаюче зусилля діє перпендикулярно до з'єднуваних поверхонь, а коливання викликають незначний зсув з ультразвуковою частотою (понад 18 кГц). За такого впливу відбувається незначна пластична деформація приповерхневого шару металу в зоні тертя. Спільна мікропластична деформація ювенільних поверхонь призводить до їх з'єднання (рис. 2.1).



1 – зварювані деталі; 2 – трансформатор коливань; 3 – зварювальний наконечник (ролик); 4 – маятникова опора (опорний ролик); 5 – зварна точка (шов);
P – стискальна сила

Рисунок 2.1 – Принципова схема точкового (а) та шовного (б) зварювання ультразвуком

Тривалість ультразвукового зварювання вимірюється секундами і частками секунди. Ультразвукові коливання збуджуються в магнітострикційному перетворювачі. За допомогою трансформатора коливань (хвильоводу) збільшується їх амплітуда до 14...25 мкм. Зварювальний інструмент передає коливання до зони зварювання.

УЗЗ застосовують для одержання точкових і шовних з'єднань, а також для зварювання по контуру (див. рис. 2.1 б). Зварювальний наконечник 3 (при шовному зварюванні – ролик) визначає площу та об'єм джерела ультразвукових механічних коливань безпосередньо в зоні зварювання. Він повинен передавати коливання для здійснення тертя між поверхнями з'єднуваних деталей із мінімальними втратами між ним і верхньою деталлю. Процес УЗЗ відбувається в умовах тертя, викликаного мікроскопічним відносним зворотньо-поступальним переміщенням ділянок поверхонь у зоні стискування, що супроводжується виділенням теплоти. Розповсюдження УЗК при зварюванні показано на рис. 2.2.

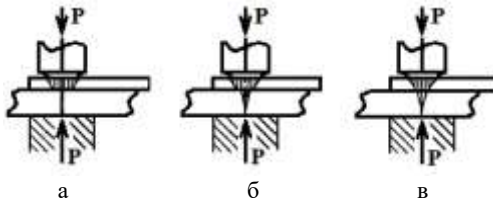


Рисунок 2.2 – Розповсюдження УЗК при зварюванні: а – початок зварювання; б – процес зварювання; в – кінець зварювання

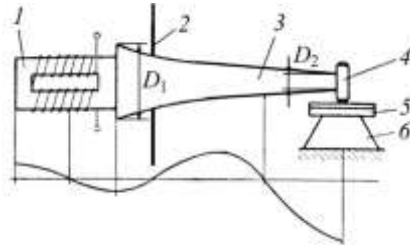
За УЗЗ діють два основних джерела тепла. Одне знаходиться в зоні контакту зварювального наконечника (ролика) з деталлю, друге – у зоні з'єднання деталей. Виділення теплоти біля зварювального наконечника обумовлено його тертям із деталлю, що призводить до пластичного деформування зовнішньої поверхні деталі під наконечником. Виділення теплоти між деталями обумовлено дією нормальних стискаючих напружень та напружень зсуву, що призводить до зовнішнього і внутрішнього тертя в деталях і відповідно до пластичної деформації в зоні зварювання.

З початку дії ультразвукових коливань в металі відбуваються акустичні кавітаційні явища: чергування високих локальних тисків з розрідженням. Це сприяє очищенню зварюваних деталей від жирових та інших забруднень, подрібненню твердих оксидних плівок та їх інтенсивному видаленню, активації зварюваних поверхонь. В зоні впливу коливань температура металу може збільшуватися до 0,7 від температури плавлення металу. Максимальна температура залежить від амплітуди коливань та стискального зусилля. З виникненням ювенільних поверхонь спостерігається чисте тертя і з'являються зони об'ємної взаємодії з'єднуваних деталей, що призводить до утворення зварного з'єднання.

До основних технологічних параметрів режиму УЗК відносять: площу вводу ультразвукових коливань в зону зварювання, амплітуду коливань зварювального наконечника, зварювальне зусилля (зусилля стискання деталей) та тривалість процесу зварювання. Амплітуда коливань зварювального наконечника повинна збільшуватись пропорційно межі плинності зварюваних матеріалів та товщині деталей. За збільшення сили стискання деталей та діаметру наконечника (площі вводу ультразвуку) амплітуду коливань наконечника можна знизити.

Зусилля стискування забезпечує передачу УЗК до зони зварювання. Його мінімальне значення, при якому починають утворюватися з'єднання, залежить від зварюваних матеріалів та їх товщин, а оптимальне значення зростає зі збільшенням амплітуди УЗК. При збільшенні контактного тиску початкова швидкість нагрівання зростає за рахунок покращення зв'язку між зварювальним наконечником і деталями. Швидкість нагрівання деталей залежить також від форми та стану поверхні наконечника.

Процес розповсюдження УЗК є хвильовим. Залежно від напрямку коливання часток розрізняють декілька типів хвиль. Схему зміни амплітуди при передачі коливань від магнітострикційного перетворювача до зварювального інструмента показано на рис. 2.3.



1 – магнітострикційний перетворювач; 2 – діафрагма; 3 – трансформатор коливань (хвилевід); 4 – зварювальний інструмент; 5 – деталь; 6 – опора

Рисунок 2.3 – Схема зміни амплітуди при передачі коливань від магнітострикційного перетворювача до зварювального інструмента

Якщо частки середовища коливаються у хвилях у напрямку їх розповсюдження, то такі хвилі називають поздовжніми (**хвилі розтягування-стискування**). Якщо частки середовища коливаються у хвилях перпендикулярно до напрямку їх розповсюдження, то такі хвилі називають *поперечними* (**хвилі зсуву**). У твердому тілі можуть виникати поздовжні і поперечні хвилі, у рідинах і газах – лише поздовжні. Для УЗЗ використовують різне обладнання за потужністю та призначенням.

Міцність точкових з'єднань УЗК залежить від тривалості зварювання та зусилля стискування. За малих зусиль стискування, міцність залежить від тривалості зварювання. При збільшенні зусилля стискування зварні з'єднання стають міцнішими за меншою тривалістю зварювання. При значних зусиллях стискування та тривалості зварювання формуються неякісні з'єднання (внаслідок значних деформацій основного металу накопичуються дефекти та відбувається приварювання зварювального наконечника до деталі).

УЗЗ використовують для зварювання неметалевих матеріалів. Процеси зварювання подібні до зварювання металів але за менших силових навантажень. Зразки обладнання показано на рис. 2.4.



а

б

в

Рисунок 2.4 – Обладнання для зварювання неметалевих матеріалів. Спеціальні установки УЗЗ плівок (12-30 мкм) з ПЕТФ по контуру (а) та шовно (б). Ультразвукові зварювальні преси: легкого (USP-400), середнього (USP-750) та важкого типу (USP-3000) (в)

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як утворюється з'єднання при УЗЗ?
2. З яких головних вузлів складається обладнання для УЗЗ?
3. Які матеріали зварюються УЗЗ?
4. Яким є принцип дії магнітострикційного перетворювача?
5. Назвіть основні параметри режиму УЗЗ.
6. Як впливають основні параметри УЗЗ на якість з'єднання?
7. Як влаштована зварювальна головка кліщів КТУ-1,5?
8. Як налаштувати акустичний вузол кліщів КТУ-1,5?
9. Які ви знаєте галузі застосування УЗЗ?
10. Якою є міцність точкових і шовних з'єднань виконаних УЗЗ?

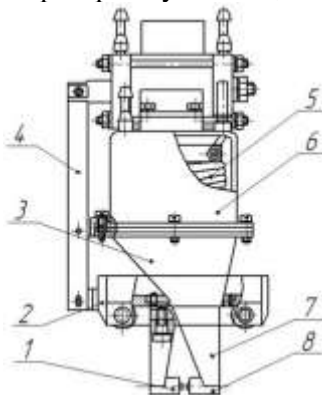
4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТИ, ПРИЛАДИ І ОБЛАДНАННЯ

1. Кліщі КТУ-1,5 призначені для УЗЗ електричних схем конденсаторів з алюмінієвими вкладишами і перемичками, високовольних конденсаторів та конденсаторів зв'язку. Технічні характеристики кліщів для ультразвукового зварювання КТУ-1,5 наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики кліщів КТУ-1

Параметри	Значення
Потужність кліщів, кВт	1,5
Частота, кГц	147...1176
Зусилля стиску деталей при зварюванні, Н	15...120
Максимальна товщина зварюваних деталей, мм	0,6
Продуктивність машини, точок/хв	15...60
Охолодження електромагнітного перетворювача	Водяне
Маса, кг	80
Габарити, мм	2200×1260×500

Зварювальні кліщі КТУ-1,5 (рис. 4.1) складаються із стояка, зварювальної головки, пневматичної системи, шафи керування та джерела живлення – генератор типу УЗГ5-1,6.



- 1 – опорна ланка; 2 – каретка з чотирма парами роликів; 4 – важіль стисання;
5 – магнітострикційний перетворювач; 6 – бак охолодження; 7 – концентратор
механічних коливань; 8 – резонуючий стержень із наконечником

Рисунок 4.1 – Зварювальна головка кліщів КТУ-1,5

Стояк має консоль, яка може переміщуватися у вертикальній та горизонтальній площинах. Зварювальна головка шарнірно закріплена на консолі, зрівноважена противагою і має можливість повертатися навколо власної вісі. Зварювальна головка складається із: зварювального обладнання, яке має акустичний вузол, опорний елемент та систему охолодження; приводу стискання (зварювального), який виконано у вигляді двокамерного пневмоциліндру, системи важелів та каретки; тримача з кнопкою «Пуск». Акустичний вузол зварювальної головки складається з резонуючого стержня 8 із зварювальним наконечником, концентратора механічних коливань 7, бака охолодження 6, магнітострикційного перетворювача 5 з обмоткою. Перетворювач виготовлено у вигляді пакета з нікелевих пластин товщиною 0,1...0,15 мм. Концентратор 7 – експоненційний, напівхвильовий, ножового типу. В його нульовій площині, де амплітуда коливального зміщення дорівнює нулю, розташовано прилив 3 із приєднаним фланцем, який слугує для кріплення баку охолодження. Електричні дроти пропущені в бак крізь ущільнення. Герметичність баку забезпечується прокладкою. Фланець має приливи, які охоплює каретка 2 з чотирма парами роликів. Каретка слугує для передачі тиску від поршня повідні стискання за допомогою важелю 4. Зусилля стискання зварюванням виробам передається крізь опорну ланку 1.

Зварювальний наконечник виготовляють із високолегованої сталі, що виключає налипання зварюваних матеріалів (міді та алюмінію). Діаметр контактної площини наконечника складає 3 мм. Джерелом живлення магнітострикційного перетворювача служить генератор УЗГ5-1,6, його технічні характеристики наведені в табл. 3.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики генератора УЗГ5-1,6

Параметри	Значення
Напруга мережі живлення, В	220/380
Частота мережі живлення, Гц	50
Потужність (максимальна), кВА	4,2
Потужність вихідна (номінальна), кВт	1,6
Частота робоча, кГц	22±1,65
Струм підмагнічування, А	0...25
Маса, кг	260

2. Зразки для зварювання,
3. Вимірювальні прилади та допоміжне обладнання, а саме: набір слюсарного та вимірювального інструментів (динамометр, штангенциркуль, молоток, зубило).
4. Засоби індивідуального захисту (окуляри, рукавиці, халат, тощо).
5. Демонстраційні матеріали.

5 ВКАЗІВКИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

До лабораторних (практичних) робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці, при роботі з електроустановками до 1000 В та пожежної безпеки

Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.

Для захисту від бризок та виплесків металу при зварюванні зварник (студент) повинен працювати в спеціальних прозорих окулярах або за прозорими щитами та мати відповідний спецодяг. Перебуваючи біля рухомих частин машин при подачі повітря та електричного живлення необхідно дотримуватися заходів безпеки (можливе спрацювання пневматичного приводу машини при несправних регуляторі або елементах пневматичного пристрою).

Вимірювання необхідно виконувати тільки після відключення машин від мережі автоматичним вимикачем. Рукоятку автомата необхідно перевести в положення «вимкнено».

У випадку виявлення неполадок обладнання студент повинен негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.

У випадку виникнення пожежі або поразки електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності із затвердженими інструкціями з охорони праці та пожежної безпеки.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Перед тим, як приступати до виконання лабораторної (практичної) роботи студент зобов'язаний вивчити методичні вказівки, або за допомогою рекомендованої літератури самостійно ознайомитися з матеріалами конкретних робіт; вивчити інструкцію по техніці безпеки; відповісти на контрольні запитання викладача та отримати у нього дозвіл на виконання роботи.

2. Студенти ознайомлюються з технологічним процесом та обладнанням для холодного зварювання тиском. Проводять дослідження впливу стискування на якість з'єднання на зразках, запропонованих викладачем.

3. Підготовка і послідовність роботи на кліщах КТУ-1,5. Перед початком роботи потрібно:

- увімкнути пневматичну і водяну системи живлення;
- увімкнути рубильник на фідері живлення, а також пакетний вимикач машини.

4. Налаштування кліщів КТУ-1,5 на робочий режим здійснюється в наступній послідовності:

- увімкнення пакетним вимикачем генератора (повинні загорітися жовта сигнальна лампочка і спрацювати двигун вентилятора);

– встановити потрібний струм підмагнічування магнітострикційного перетворювача (приблизно 10...12 А) рукояткою автотрансформатора «Струм підмагнічування»;

- увімкнути за 1,5 хв високу напругу кнопкою «Анод - вкл.» (горить червона сигнальна лампочка);

– встановити рукоятку «Потужність» у середнє положення;

– рукояткою генератора «Частота» перевести у резонанс з власною частотою магнітострикційний перетворювач по максимальному струму мікроамперметра «Індикатор налаштування»;

– рукояткою автотрансформатора збільшити потужність генератора до номінального значення, за рухом стрілки годинника до упору (амперметр «Анодний струм» не повинен показувати більше 1,1 А).

5. Для зварювання деталей необхідно покласти їх на опору, та натиснути кнопку «Пуск» і тримати її до затиснення деталей між зварювальним інструментом та опорою. Визначення оптимальних режимів зварювання здійснюється шляхом зміни зусилля стискання деталей та часу зварювання. Закінчивши роботу, необхідно вимкнути мережі управління машини, генератора, припинити подачу повітря. Подачу води припинити через 5...10 хв після завершення зварювальних робіт. Вимикати генератор необхідно у наступній послідовності:

- вимкнути високу напругу кнопкою «Анод-вкл.» (червона лампочка повинна згаснути);
- рукоятку автотрансформатора встановити в нульове положення;
- вимкнути генератор пакетним вимикачем;
- вимкнути рубильник на фідері живлення.

6. Встановити, запропоновані зразки з товщиною 0,2 мм, 0,4 мм, 0,6 мм та 0,8 мм і виконати зварювання.

Перевірити якість з'єднання. Зробити оцінку зварювання.

7. Зробити ескізи досліджуваних зразків (об'єктів).

8. Оформлюють звіт на загальних засадах. Роблять опис та призначення елементів обладнання.

9. Опрацювати контрольні запитання.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт по виконаній роботі повинен містити наступні відомості:

- мета роботи;
- опис методики проведення експериментів чи досліджень;
- результати експериментів чи досліджень відобразити у вигляді таблиць, графіків чи ескізів або опису вивченого об'єкту;
- аналіз отриманих результатів (опис) та висновки по роботі повинні містити інформацію про проведені дослідження.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кривцун, І. В. Спеціальні способи зварювання : підручник. [Текст] / І. В. Кривцун, В. В. Квасницький, С. Ю. Максимов, Г. В. Єрмолаєв, за загальною редакцією академіка НАН України, доктора технічних наук, професора Б. Є. Патона. – Миколаїв: НУК, 2017. – 346 с.
2. Бугаєнко, Б. В. Технології та устаткування зварювання тиском : навчальний посібник. [Текст] / Б. В. Бугаєнко, А. М. Тубальцев, Є. А. Бутурля. – Миколаїв : НУК, 2018. – 135 с. – не має УЗЗ!!
3. Пахаренко, В. А. Зварювання тиском: Навчальний посібник / В. А. Пахаренко. – Київ: Екотехнологія, 2011. – 272 с.

Рекомендовані інформаційні джерела

1. Журнал «Автоматичне зварювання». Вид. Міжнародна Асоціація "Зварювання". [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://patonpublishinghouse.com/rus/journals/as> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.
2. Журнал «Сварщик». Вид. ІЕЗ ім. Е.О. Патона. Київ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://welder.stc-paton.com/ru/> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.
3. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.
4. Наукова бібліотека НУ "Запорізька політехніка". [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://library.zntu.edu.ua/> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.
5. Кафедра Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zp.edu.ua/kafedra-integrovanih-tehnologiy-zvaryuvannya-ta-modelyuvannya-konstrukciy> – 18.04.2024. Заголовок з екрану.