

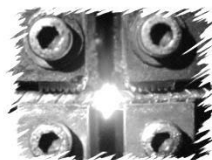
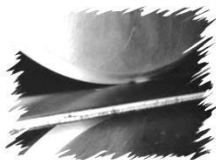
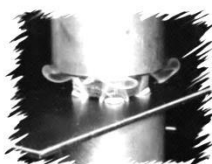
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГОЛОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СТИКОВОГО ХОЛОДНОГО ЗВАРЮВАННЯ НА ЯКІСТЬ З'ЄДНАНЬ

з дисципліни
«Спеціальні методи зварювання тиском»
для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка»
освітньої програми
«Технології та устаткування зварювання»
всіх форм навчання



Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 1
«Дослідження впливу головних технологічних параметрів стикового
холодного зварювання на якість з'єднань» з дисципліни «Спеціальні
методи зварювання тиском» для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології та
устаткування зварювання» всіх форм навчання / Укл.:
Куликовський Р.А. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 14 с.

Укладач: Р.А. Куликовський, доцент, к.т.н.

Рецензент: М.Ю. Осіпов, доцент, к.т.н.

Відповідальний
за випуск: Р.А. Куликовський

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 3
від 27.10.2016 р.

Рекомендовано до видання
НМК Інженерно-фізичного
факультету
Протокол № 3
від 15.11.2016 р.

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ.....	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	4
2.1 Фізична сутність та схеми стикового холодного зварювання.....	4
2.2 Технологічні особливості стикового холодного зварювання.....	7
2.3 Обладнання для стикового холодного зварювання.....	10
3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	12
4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	12
5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТИ, ПРИЛАДИ І ОБЛАДНАННЯ.	13
6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	13
7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	13
8 ЗМІСТ ЗВІТУ.....	14
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	14

1 МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є ознайомлення з обладнанням стикового холодного зварювання, та дослідження впливу головних технологічних параметрів холодного зварювання на якість зварних стикових з'єднань.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Фізична сутність та схеми стикового холодного зварювання

Холодне зварювання (анг. - cold welding) – це зварювання тиском із пластичним деформуванням з'єднуваних поверхонь заготовок без додаткового нагрівання зовнішніми джерелами тепла.

При холодному зварюванні металеві поверхні деталей, що зварюються зближуються до відстані що сумірна з розміром кристалічної ґратки металу, при якій можливо виникнення міжатомних сил взаємодії між ними, та утворення загальної електронної хмари, а відповідно єдиного агрегату. Необхідною передумовою утворення зварного з'єднання є процес очищення з поверхонь що зварюються від адсорбованих газів, водяних та органічних плівок (жири, масла), які мають властивість екранувати електронну взаємодію навіть при товщині в один атомний прошарок. Існує критична товщина плівки, при перевищенні якої отримати нероз'ємне неможливо. При товщині плівки менше товщини міжзеренних границь з'єднання мають достатню міцність та пластичність.

Стоншування початкових плівок до критичної товщини можливе тільки в процесі пластичної деформації контактних поверхонь при зварюванні. При деформації їх площа збільшується в декілька десятків разів, а течія металу, що підступає з глибинних шарів до окисних плівок, послідовно їх виштовхує від центра зони зварювання до периферії. Це призводить до інтенсивного переміщення дислокацій, нерівномірного розподілу напружень та деформацій в контакті та як наслідок утворення чистих ювенільних поверхонь.

У разі контакту ювенільних поверхонь їх схоплення відбувається при незначній пластичній деформації. Чим товще

поверхневій плівці, в момент з'єднання металів, тим більша повинна бути енергія, що необхідна для активації поверхневих атомів та пластичної деформації металу при холодному зварюванні. Джерелом цієї енергії є прикладення механічного тиску або викликані ним напруження.

В умовах холодного зварювання метал зварного з'єднання деформаційно зміцнюється, а вимушена пластична деформація в залежності від стану поверхонь що зварюється знаходиться в межах 50...90%.

Якість зварного з'єднання визначається початковим фізико-хімічним станом контактних поверхонь, тиском (зусиллям стиску F_{oc}), ступенем деформації при зварюванні ϵ , схемою деформації, способом прикладення тиску (статичний, вібраційний) та не залежить від часу дії зусилля стиску.

Процес холодного зварювання здійснюється з металами що мають високу пластичність. Добре зварюються метали з гранецентрованою ґраткою (алюміній, мідь, свинець, нікель, срібло, золото, платина), складніше – метали з кубічною ґраткою (α -залізо, хром, вольфрам, ніобій, молібден), ще складніше – з гексагональною ґраткою (цинк, кадмій, берилій, магній), хоча титан з тією ж ґраткою зварюється задовільно. Сплави зварюються гірше ніж чисті метали. Для металів, що складно зварюються використовують прокладки з алюмінію, міді, нікель та інш. Для приблизної оцінки здатності сплавів до зварювання користуються значенням їх твердості. Зазвичай з підвищенням твердості здатність до зварювання погіршується і необхідна мінімальна деформація металу збільшується, тому що знижуються інтенсивність пластичної плинності металу в зоні контакту та активація поверхонь.

Зварне з'єднання, що утворене способом холодного зварювання не забруднюється домішками, має високу однорідність і добрі показники корозійної стійкості та стабільності електричного опору. Процес холодного зварювання характеризується малою енергоємністю, екологічністю (відсутні газ, бризки, шум, випромінювання) та забезпечує надійне з'єднання деталей з різнорідних металів (наприклад, з алюмінію та міді (рис. 2.1)), що чуттєві до нагріву та утворенню крихкого інтерметалідного прошарку.



Рисунок 2.1 – Стикове зварне з'єднання алюмінію та міді, що утворене способом холодного зварювання

При **стиковому холодному зварюванні** затиснуті в затискачах губок 1 деталі 2 з'єднують по всій площі торців, що зварюються, шляхом їх стискання між собою зусиллям F_{oc} (рис. 2.2). Під час зближення створюються умови, при яких зруйновані оксидні плівки видаляються з зони контакту у вигляді облою 3 та утворюється зварне з'єднання. Процес холодного зварювання в основному реалізується в залежності від схеми стикового зварювання, що визначається спеціальною конструкцією затискачів губок, що мають в зімкнутому вигляді співвісні отвори, що відповідають формі та розмірам деталей, що з'єднують (рис. 2.3). Іноді для стикового холодного зварювання застосовують не губки, що стискають деталі, а втулки з пуансонами-штовхачами (рис. 2.3 б). Деталі, що з'єднують, вставляються у втулки, а виліт деформується при осьовій осадці. Зусилля осадки передається на деталі, що з'єднуються, та втулки через пуансони-штовхачі. За такою схемою можна зварювати лише деталі обмеженої довжини. При використанні плоских затискачів (рис. 2.3 а) виліт, що деформується при осадці, безперервно розплющується і в стику деталей, що зварюються, утворюється потовщення, площа якого росте разом зі збільшенням міри деформації. При такому зварюванні виникає необхідність зняття облою. Процес деформації при цьому відбувається в несприятливих умовах, тому що переміщення металу від осей деталей що з'єднується до периферії утруднюється через тертя металу, що плине, об торці затискачів.

Кращу якість зварного з'єднання забезпечує схема утрудненого витікання металу, що видавлюється зі стику при осадці, яку забезпечує спеціальна конструкція затискачів з конусною порожниною (рис. 2.3 в). При використанні цих затискачів потовщення в стику залишається, але йому надається певна форма.

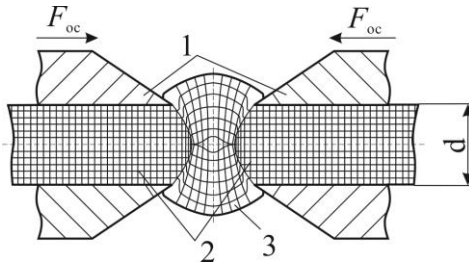
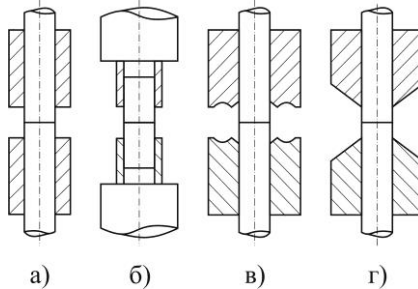


Рисунок 2.2 - Схема процесу холодного стикового зварювання



а – з плоскими торцями; б – з пуансонами-штовхачами; в – з конусною порожниною; г – з загостреними частинами

Рисунок 2.3 – Конструкції затискачів губок для стикового холодного зварювання

Найчастіше на практиці застосовується схема з загостреними частинами губок (рис. 2.3 г). В процесі осадки метал, що деформується, відносно вільно витісняється із зони з'єднання. При цьому утворюються найбільш сприятливі умови для утворення зварного з'єднання. Отриманий облой підрізується загостреними частинами губок а потім легко відділюється. З'єднання, що отримані за допомогою таких губок, мають гарний зовнішній вигляд та майже не потребують додаткової механічної обробки. Переріз зварених деталей залишається таким, яким він був до зварювання, а зусилля осадки в порівнянні зі зварюванням затискачами з плоскими торцями в 1,5...1,8 рази менше.

2.2 Технологічні особливості стикового холодного зварювання

У відповідності з головною особливістю холодного зварювання з поверхонь, що зварюються, в першу чергу необхідно

видалити органічні плівки. При стиковому зварюванні цю операцію виконують безпосередньо перед зварюванням шляхом обрізки торців спеціальними різакми на стикових машинах. Ці різакми розташовані на машині або біля зони зварювання, або вбудовані між затискачами та виконують обрізку кінців деталей, що вже затиснені в затискачах. Останній варіант повністю виключає можливість забруднення підготовлених торців деталей. Зберігання деталей в середовищі з поглиначами вологи подовжує припустимий час між зачисткою та зварюванням.

Травлення та знежирення як способи підготовки деталей для холодного зварювання вважаються абсолютно неприпустимими засобами. Це пояснюється тим, що залишки засобів для травлення та миття практично завжди залишаються на поверхні деталей та перешкоджають утворенню міцного з'єднання в процесі зварювання.

Основними технологічними параметрами стикового холодного зварювання є:

- величина деформації ε вільних (не затиснених в губках) кінців деталей, що визначається припуском на зварювання або встановлюваною довжиною l_0 , яка складається з встановлюваної довжини обох зварюваних деталей: $l_0 = l_1 + l_2$

$$\varepsilon = \frac{l_0 - l_k}{l_k} \cdot 100, \quad (2.1)$$

- де l_k – довжина виступу кінців деталей з затискачів після зварювання;
- питоме зусилля осадки F_{oc} або тиск осадки P_{oc}

$$P_{oc} = F_{oc} / S_{зв}, \quad (2.2)$$

- де $S_{зв}$ – переріз деталей, що зварюються;

- зусилля затиснення деталей, що зварюються $F_{зат}$;
- швидкість деформування або швидкість осадки v_{oc} ;

Деформація кінців деталей, що виступають, залежить від розмірів поверхні, з якої потрібно відтиснути зруйновані шари.

Деформація деталей круглого перерізу повинна відбуватися вісесиметрично, тому її величина залежить від діаметру деталі. Під час деформації деталей прямокутного перерізу (за умови, якщо ширина істотно більше товщини) метал плине в основному

симетрично відносно прокольної вісі перерізу деталі. Зі збільшенням діаметру або товщини деталі потрібен більший виступ кінців обох деталей $l_1 + l_2$.

При зварюванні деталей однакового перерізу з однорідних металів встановлювальна довжина $l_0 = 2l$. Значення виступу l для деталей з алюмінію складає $(0,8 \dots 1,2)d$, з міді - $(1,25 \dots 1,75)d$, зі свинцю - $(1,0 \dots 1,2)d$, де d – діаметр або товщина деталі. При зварюванні деталей з різnorідних металів значення $l_1 + l_2$ зворотно пропорційна їх твердості. Наприклад, при зварюванні міді з алюмінієм, в зв'язку з їх різною твердістю, рекомендують або зменшити опір мідного стрижня за рахунок часткового зменшення його діаметру, або збільшити опір більш м'якого алюмінієвого стрижня шляхом збільшення довжини виступу його кінця з затискачів приблизно на 25...30% ніж мідного.

Питоме зусилля осадки залежить від металу деталі та його структурного стану, перерізу заготовки, форми та розміру формуючих пристроїв, швидкості осадки. Залежність питомого зусилля осадки від довжини виступу кінців з затискачів для алюмінієвих та мідних стрижнів такого ж самого матеріалу має лінійно зростаючий характер зі збільшенням довжини кінців. Це пов'язано з тим, що в ході осадки кінці стрижнів, що деформуються при зварюванні, зміцнюються, внаслідок чого збільшується їх опір деформації. Чим довше виступ кінців, тим більше зміцнення отримує метал к завершенню осадки, а відповідно, тим більше потрібне зусилля для завершення деформації.

Для повної деформації встановленої довжини кінців, що виступають, необхідно забезпечити умову надійного затиснення деталей в затискачах, що затискають, щоб повністю виключити можливість зсуву металу по всьому перерізу. Необхідне для цього зусилля затискання залежить від конструкції затискного пристрою. Зусилля затиснення деталей, що зварюються, повинно перевищувати зусилля осадки:

$$F_{\text{зат}} = (1,45 \dots 1,6)P_{\text{ос}} \quad (2.3)$$

Осадку спочатку бажано виконувати повільно, а потім інтенсивно нарощувати швидкість (до 100 мм/с). При будь якій

швидкості осадки необхідно забезпечувати симетричне одночасне деформування деталей що зварюються.

2.3 Обладнання для стикового холодного зварювання

Обладнання для стикового холодного зварювання відрізняється загальною універсальністю. Однак, при переході від одних розмірів деталей, що зварюються, до інших, зазвичай потрібно обов'язково замінювати затискачі. Втім, основні вузли машин стикового холодного зварювання, незалежно від потужності, мають спільні риси та призначення.

На рис. 2.4 наведена принципова схема машини для холодного стикового зварювання МСХС-5.

Машина МСХС-5 призначена для зварювання алюмінієвих та мідних стрижнів з $\varnothing \leq 3$ мм.

Основні технічні характеристики:

- робочий тиск стиснутого повітря – 0,1...0,5 МПа;
- розрахункове зусилля стиску – 50 кН;
- максимальна відстань між внутрішніми торцями затискачів – 12 мм;
- витрати стисненого повітря на одне зварювання – 0,005 м³;
- маса машини – 45 кг.

До складу машини МСХС-5 входять: корпус, затискні пристрої з механізмом ручного затискання заготовок, пристрій для направлення руху заготовок, механізм осадки, апаратура керування, допоміжні механізми та пристрої для обрізання кінців заготовок та видалення облою.

Затискний механізм складається з нерухомого 1 та рухомого 3 затискачів, останній має можливість рухатись відносно нерухомого по двом направляючим колонкам 2.

До затискних пристроїв відносяться губки 4, між якими стискаються деталі, що зварюються. Змінні губки відповідають конфігурації перерізу деталі, що затискається, та мають насічку для запобігання прослизання заготовки при зварюванні. Глибина насічки складає 3...4% діаметра або товщини заготовки, але не більше 0,35...0,40 мм. З одного торця губки заточені на конус з кутом 60°, при зімкненні вони утворюють ножі для видалення облою (грату). Для фіксації деталей в затискачах використовуються механізми кулачкового типу. Зусилля затискання деталей створюється вручну.

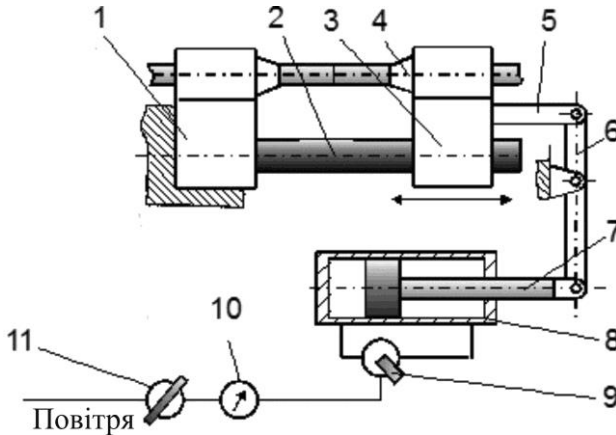


Рисунок 2.4 – Принципова схема машини для холодного стикового зварювання МСХС-5

Керують роботою механізму осадки за допомогою двохходового пневматичного крана 9.

При повороті рукоятки вліво до упору, права камера пневмоциліндру 8 з'єднується з атмосферою, а в ліву камеру подається стисле повітря, внаслідок чого переміщується поршень, котрий через шток 7, важіль 7 та тягу 5 пересуває рухомий затискач до контакту з нерухомим, забезпечуючи деформацію металу та обрізку облою. При повороті рукоятки крана вправо ліва камера пневмоциліндру з'єднується з атмосферою, а в праву камеру поступає стисле повітря, котре повертає поршень та рухомий затискач в праве положення.

Тиск стислого повітря, що поступає з мережі, регулюється повітряним редуктором 11 та контролюється манометром 10. Для обрізання торців стрижнів перед зварюванням, на машині встановлено різак.

Порядок роботи машини

1. Встановити губки, які відповідають перерізу деталей, що зварюються.
2. Подати в машину стисле повітря.
3. Протерти заготовки, що зварюються, чистою серветкою, яка змочена спиртом або ацетоном, для знежирення та видалення з поверхні забруднень.
4. За допомогою різака обрізати кінці заготовок, що зварюються.

5. Встановити заготовки, що зварюються, в губки затискачів таким чином, щоб їх стик знаходився посередині зазору між губками. Затиснути в губках затискачів заготовки, що зварюються, для чого важелі ексцентрикових механізмів опустити вниз до упору.

6. Виконати зварювання заготовку та обрізку облою, для цього рукоятку крана механізму осадки 9 повернути вліво до упору.

7. Звільнити отримане зварене з'єднання з верхніх губок затискачів, підняв вверх важелі ексцентрикових затискачів.

8. Повернути рухомий затискач у крайнє праве положення, повернувши важіль крану 9 вправо до упору, та виїняти зварний вузол з нижніх губок затискачів.

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Перед тим, як приступати до виконання лабораторної роботи студент зобов'язаний вивчити дані методичні вказівки, або ознайомитися з технологією стикового холодного зварювання [1 (с. 84...120); 2 (с. 172...189); 3 (с. 17...29); 4 (с. 172...189)], вивчити інструкцію по техніці безпеки, відповісти на контрольні запитання викладача та отримати у нього дозвіл на виконання роботи.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

4.1 Поясніть фізичну сутність холодного зварювання.

4.2 Назвіть основні параметри режиму холодного стикового зварювання.

4.3 Які метали добре зварюються в холодному стані?

4.4 Назвіть різновиди холодного стикового зварювання та поясніть їх сутність.

4.5 Чи існує необхідність в попередній підготовці деталей під холодне зварювання?

4.6 Що входить в склад обладнання для стикового холодного зварювання?

4.7 Як відрізняється міцність зварного з'єднання отриманого способом холодного зварювання від міцності основного металу?

4.8 Як визначається величина деформації вільних (не затиснених в губках) кінців деталей, що зварюються способом стикового холодного зварювання?

4.9 Яка основна умова забезпечення надійного затиснення деталей в затискачах при стиковому холодному зварюванні?

4.10 Від чого залежить зусилля осадки при стоковому холодному зварюванні?

4.11 Чи допускається травлення та знежирення як способи підготовки деталей під холодне зварювання?

4.12 Як відбувається зварювання деталей з різнорідних металів?

5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТИ, ПРИЛАДИ І ОБЛАДНАННЯ

Машина для стикового холодного зварювання МСХС-5.

Зразки для зварювання (калібровані дроти алюмінію або його сплаву $\varnothing = 3$ мм).

Набір слюсарного та вимірювального інструментів.

Матеріали для знежирення зварюваної поверхні.

Серветки.

6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Перебуваючи біля рухомих частин машини МСХС-5 при подачі стислого повітря необхідно поводитися уважно та обережно (можливе спрацювання пневматичного приводу машини при несправних регуляторі або елементах пневматичного пристрою).

7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Лабораторну роботу слід виконувати в наступній послідовності:

1. Ознайомитись з сутністю холодного зварювання та особливостями формування стикового з'єднання при холодному зварюванні.

3. Ознайомитись з будовою та принципом роботи машини МСХС-5, отримати навички її експлуатації.

4. Скласти схеми механізмів затиснення та осадження деталей.

5. Здійснити зварювання зразків з різною встановлюваною довжиною l_0 . До початку зварювання торці зварюваних зразків обрізати ножицями, які встановлені на корпусі машини.

6. Здійснити зварювання зразків з оптимальною довжиною. До початку зварювання здійснити знежирення зварюваних торців.

7. Виконати аналіз зв'язку якості отриманих з'єднань з головними параметрами режиму зварювання та способу підготовки поверхні, скласти звіт.

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт по виконаній роботі повинен містити наступні відомості:

- мета роботи;
- короткі відомості щодо: фізичної сутності холодного зварювання; схеми стикового холодного зварювання; технологічні особливості холодного стикового зварювання;
- стислий опис технічних характеристик, конструкції, принципу дії, схеми механізмів затиснення та осадження машини МСХС-5;
- ескізи отриманих зварних з'єднань;
- висновки по роботі (оцінка якості отриманих зварних з'єднань та пояснення причин їх відмінності; обґрунтування оптимального режиму зварювання та способу підготовки поверхні торців зварюваних зразків).

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Стройман И.М. Холодная сварка металлов. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
2. Сахацкий Г.П. Технология сварки металлов в холодном состоянии. - Киев: Наукова думка, 1979. - 269 с.
3. Каракозов Э.С., Сапрыгин В.Д. Холодная сварка труб. - М.: Металлургия, 1978. - 176 с.
4. Квасницький В.В. Спеціальні способи зварювання: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 437 с.