

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи № 3
«Визначення впливу сухого льоду на деформації при
електродуговому зварюванні»
з дисциплін «Основи теорії зварювання»
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 3 «Визначення впливу сухого льоду на деформації при електродуговому зварюванні» з дисциплін «Основи теорії зварювання» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: І.М. Білони́к, Г.М. Лапте́ва, С.О. Шуми́кін, О.Є. Капустя́н, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 10 с.

Укладачі: І.М. Білони́к, канд. техн. наук, доц.

Г.М. Лапте́ва, канд. техн. наук, доц.

С.О. Шуми́кін, канд. техн. наук, доц.

О.Є. Капустя́н, старш. викладач.

Рецензент: С.М. Попов, д-р ф. наук, проф.

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустя́н

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол №15 від 22.5.2019 р.

Рекомендовано

до видання НМК ІФФ

Протокол №8 від 20.06.2019 р.

1 МЕТА РОБОТИ

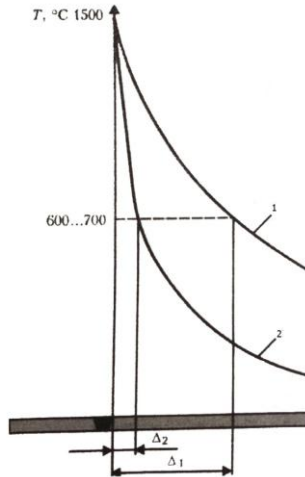
Визначити можливість зниження зварювальних деформацій при електродуговому зварюванні з використанням сухого льоду.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Високотемпературне нерівномірне нагрівання з наступним охолодженням з'єднань при дуговому зварюванні викликає появу в них залишкових деформацій, що ускладнює виробництво зварних конструкцій і погіршує їх якість. Одним з найбільш раціональних технічних рішень, спрямованих на зниження деформацій, є локальне охолодження металу в зоні зварювання.

Засоби, що застосовуються для відводу теплоти від нагрівання при зварюванні металу (водоохолоджувані мідні підкладки і повзуни, масивні притискні пристрої, рідкі охолоджувачі у вигляді спрямованих суцільних і розпорошених струменів) не здатні надавати помітного локального впливу на критичні високотемпературні зони металу, особливо що знаходяться поблизу зварювальної ванни. Було встановлено, що подібну функцію з точкового контактного відведення теплоти від нагрівання при зварюванні металу може цілком успішно виконувати сухий лід.

Шар льоду, що знаходиться на поверхні пластин, перед зварюванням практично не реагує з металом. Однак при контакті з металом, що нагрівається при зварюванні до високих температур, відбувається активна сублімація льоду з поглинанням великої кількості теплоти. Лід, що не встиг випаруватися в результаті сублімації, вступає в контакт зі зварювальною ванною, де, реагуючи з рідким металом, миттєво зникає, тобто зварювальна ванна виявляється, як би облямованою низькотемпературним твердим сухим льодом. Взаємодія прилеглого до зварювальної ванни металу з сухим льодом зменшує розміри високотемпературних ділянок, в яких можливий активний розвиток пластичних деформацій.



1 – в CO_2 ; 2 – під шаром сухого льоду.

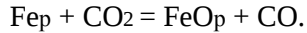
Рисунок 2.1 – Схема розподілу максимальних температур нагріву металу при зварюванні у вуглекислому газі звичайним способом та під шаром сухого льоду

Експерименти зі зварювання під шаром сухого льоду дозволили виявити важливе для подальших досліджень явище - кількість газів, які виникають в зоні зварювання є цілком достатньою для її надійного захисту від повітря. Причому склад газової фази є не чистий вуглекислий газ, а його суміш з оксидом вуглецю. Утворення газової фази подібного складу можна пояснити наступним чином.

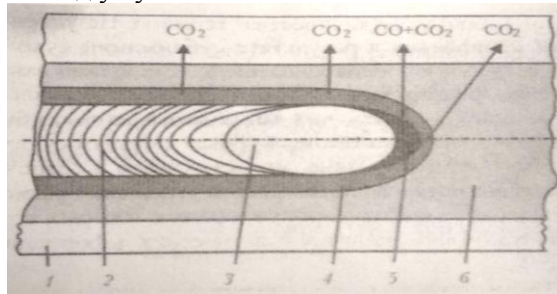
Вуглекислий газ утворюється в результаті сублімації частини шару сухого льоду, що безпосередньо прилягає до поверхні, яка нагрівається при зварюванні металу. З підвищенням температури металу швидкість випаровування льоду багаторазово зростає і досягає максимуму при температурах близьких до температури його плавлення. Оскільки основна маса льоду випаритися не встигає, його велика частина в процесі зварювання «сповзає» на прилеглу високотемпературну частину зварювальної ванни, де вступає в пряму контактну взаємодію з розплавленим металом.

Відбувається майже миттєва сублімація льоду з виділенням в обмеженому просторі величезної кількості вуглекислого газу, що призводить до різкого зростання його концентрації і парціального тиску в сфері зіткнення рідкої і газової фаз. Це моментально викликає

високошвидкісне і повномасштабне протікання реакції:



Оксид вуглецю, утворений в великій кількості, створює захисну газову фазу зони зварювання. Виконані дослідження дають підставу припускати, що вміст оксиду вуглецю, як продукту даної реакції в зоні дуги при зварюванні під шаром сухого льоду може досягати 60...70 %. При взаємодії з повітрям оксид вуглецю реагує з киснем, перетворюючись назад у вуглекислий газ.



1 - основний метал; 2 - шов; 3 - зварювальна ванна; 4 - ділянки контакту шару сухого льоду з поверхнею, яка нагрівається при зварюванні до високих температур; 5 - зона взаємодії металу зварювальної ванни з сухим льодом; 6 - шар сухого льоду.

Рисунок 2.2 - Схема утворення захисного газового середовища при дуговому зварюванні під шаром сухого льоду

Таким чином, при зварюванні під шаром сухого льоду тонколистового металу з використанням технології, яка передбачає додаткове охолодження льодом остигаючого металу шва і металу зони термічного впливу на високотемпературних ділянках, можна отримувати зварні з'єднання і конструкції без будь-яких залишкових деформацій. Застосування сухого льоду в якості інтенсивного охолоджувача можливо при ручному дуговому зварюванні покритими електродами, іншими способами зварювання плавленням. Помітне підвищення в цьому випадку швидкості охолодження тонколистового металу позначається на його структурі і властивостях. Природно, що зварювання з сухим льодом може бути використане тільки для металу, не схильного при різкому охолодженні до утворення крихких гартівних структур, тріщин та інших дефектів.

Техніка і технологія зварювання під сухим льодом відрізняються від зварювання у вуглекислому газі, що обумовлено

особливостями формування захисної газової фази в зоні дуги і специфікою ведення зварювального процесу. Слід також враховувати помітний вплив на зварювальну ванну сили тиску вуглекислого газу, що утворюється при вибуховій високотемпературній сублімації сухого льоду на поверхні рідкого металу. Зварювання стикових, кутових і дугових точкових швів може здійснюватися з використанням сухого льоду у вигляді брикетів, пластин і гранул різних розмірів, одержуваних, в тому числі при подрібненні вихідних матеріалів. Підготовлений до зварювання лід викладається попередньо на всю довжину зварного з'єднання шаром певної товщини і ширини, чи вводиться «під дугу». В обох випадках може мати місце схема зварювання, при якій сухий лід додатково подається позаду дуги на задані ділянки остигаючого зварного шва і/або металу ЗТВ. Подібна схема процесу становить інтерес для однопрохідного бездеформаційного зварювання тонколистового металу і багатопрохідного зварювання металу середньої і великої товщини, коли потрібно пошарове охолодження шва, наприклад, при зварюванні аустенітної сталі.

Механізоване і автоматичне зварювання під сухим льодом здійснюється із застосуванням звичайного зварювального устаткування. При цьому використовуються спрощені конструкції зварювальних пальників та гнучких шлангів, оскільки відпадає необхідність підведення захисного газу через пальник в зону зварювання. Балони з захисним газом і газову апаратуру замінює простий термостат із сухим льодом.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Що таке зварювальні деформації?
2. Класифікація зварювальних деформацій.
3. Методика вимірювання зварювальних деформацій.
4. Прилади, за допомогою яких вимірюються зварювальні деформації.

5. Основна причина виникнення зварювальних деформацій.
6. В чому полягає фізична сутність зниження зварювальних деформацій при використанні сухого льоду?
7. Основні властивості сухого льоду.
8. Механізм захисту метала шва від впливу атмосфери при використанні сухого льоду.
9. Області ефективного застосування сухого льоду при зварюванні з метою зниження зварювальних деформацій.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Пластини зі сталі Ст3:
50 мм × 300 мм × 1 мм
50 мм × 250 мм × 2 мм
2. Зварювальний дріт Св-08Г2С діаметр 0,8 мм.
3. Сухий лід (твердий двоокис вуглецю) розміри гранул 25-30 мм діаметром 5 мм. (Гранули повинні знаходитися в пінопластовому контейнері).
4. Індикатор годинникового типу.
5. Зварювальний автомат А 1416.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці і пожежної безпеки.
2. Забороняється включати електричні прилади без дозволу завідувача лабораторією чи викладача.
3. У випадку пожежі чи поразки електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності із затвердженими інструкціями з охорони праці і пожежної безпеки.
4. Роботи по електродуговому зварюванню проводити на робочих постах при включеній витяжній вентиляції.

5. При виконанні робіт одягнути халат, рукавиці і захисні окуляри.

6. Зварені зразки брати тільки обценьками.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Зварити зразки встик на наступних режимах:

для товщини 1 мм: $U = 23 \text{ В}$, $I = 180 \text{ А}$.

для товщини 2 мм: $U = 29 \text{ В}$, $I = 180 \text{ А}$.

Для кожної товщини провести зварювання:

- без прихваток на прохід (з одного краю пластини до іншого);
- з прихватками з обох боків від країв до центру пластини;
- з прихваткою з одного боку (зварювання вести від протилежного краю до прихватки).

Для кожного зварного з'єднання виміряти деформації, результати занести до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Результати вимірювання деформацій

№	Деформації	
	повздовжні, мм	поперечні, град.
	Товщина 1 мм	
1		
2		
...		
...		
	Товщина 2 мм	
1		
2		
...		

2. Виконати зварювання на тих самих режимах з попереднім збиранням згідно п.1 з використанням сухого льоду:

- зварювання провести з розташуванням льоду на зварюваних зразках;

- зварювання провести з розташуванням льоду під зварюваними зразками;
- зварювання провести з розташуванням льоду на та під зварюваними зразками;

Для кожного зварного з'єднання виміряти деформації, результати занести до таблиці 6.1.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен містити мету і методику виконання практичної роботи. Короткі теоретичні відомості, ескіз з'єднання, заповнену таблицю 6.1. Висновки по роботі.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Жизняков С. Н. Правильный выбор и подготовка сварочных материалов – основа эффективного производства сварочных работ// Сварщик в Белоруссии. – 2013. - №1. – С. 32-38.
2. Пантелеенко Ф. И., Жизняков С. Н., Хедари Монфаред А. Минимизация деформаций при аргонодуговой сварке тонколистовой аустенитной стали локальным охлаждением высокотемпературной области // Перспективные материалы и технологии / Под ред. В. В. Клубовича. – Витебск: УО «ВГТУ», 2013. – С. 172-187.
3. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. - К.: Вища школа , 1976. – 424 с.
4. Теория сварочных процессов. Под ред. В.В. Фролова. М.:Высшая школа, 1988. – 558 с.
5. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. - М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.
6. Новожилов Н. М. Основы металлургии дуговой сварки в газах. – М.: Машиностроение, 1979. – 231 с.

7. Дуга и лед. Новый способ дуговой сварки плавящимся электродом / С. Н. Жизняков, Ф. И. Пантелеенко, Д. И. Викторовский, Н. И. Урбанович // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка: Сб. докл 8 Междунар. симп. Минск, 10-12 апр. 2013 г. – В 2 ч. Ч. 2 – Минск: Белрус. навука, 2013. – С. 347-349.
8. Винокуров В.А. Сварочные деформации и напряжения . - М.: Машиностроение, 1968. - 236 с.