МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи № 11
з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів напряму підготовки 6.050504 «Зварювання» для всіх форм навчання

2016

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 11 з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів напряму підготовки 6.050504 «Зварювання» для всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 14 с*.

Укладач: О.Є. Капустян, ст. викладач
Рецензент: А.О. Шумілов , канд. техн. наук, доцент
Коректор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 8 від 1.06.2016

Затверджено
на засіданні НМК ІФФ
Протокол № 10 від 21.06.2016

* Методичні вказівки складено на основі «Методичних вказівок до виконання лабораторних занять з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів спеціальності: 6.092301 для всіх форм навчання / Укл.: Ю.М. Ткаченко»

ЗМІСТ

ВСТУП 4
1 МЕТА РОБОТИ 5
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ 5
2.1 Структура зварних швів 5
2.1.1 Зварювання електродом Св-08Г2С в захисних газах 6
2.1.2 Зварювання покритим електродом 7
2.1.3 Автоматичне зварювання 7
2.1.4 Газове зварювання 8
2.2 Зона термічного впливу 8
2.2.1 Відрізок неповного розплавлення 9
2.2.2 Відрізок перегріву 9
2.2.3 Відрізок нормалізації 9
2.2.4 Відрізок неповної перекристалізації 10
2.2.5 Відрізок рекристалізації 10
3 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ 11
4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ 12
5 ЗМІСТ ЗВІТУ 12
6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ 12
7 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ 13
ЛІТЕРАТУРА 14

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

ВСТУП

Кристалізація зварного шва протікає в характерних умовах, середня швидкість кристалізації дорівнює швидкості зварювання. Процес первинної кристалізації починається після просування дуги вздовж шва і припинення її дії на дану ділянку зварювальної ванни. Рідкий метал кристалізується в напрямку, зворотному відведення тепла з основного металу, тобто від стінок ванни до центру. По межах розплавлення утворюються загальні кристаліти основного і наплавленого металу, що забезпечує їх суцільність і міцність зв'язок. Для зварного шва, як і для литого металу, характерна схильність до утворення стовпчастої структури. Ріст стовпчастих кристалітів сприяє витісненню шлакових і газових включень. Первинна кристалізація шва протікає так само, як в зливках і виливках, періодично хвилеподібно. В швах, особливо однопрохідних, можливе утворення зони ліквації, тобто нерівномірне розташування елементів та шкідливих домішок. Вона послаблює вузькі шви, так як зона ліквації у них знаходиться в центрі шва. Менш небезпечна ізоляція в широких швах, які мають ширину більше глибини в 1,5 і більше разів, так як у них зона ліквації розташована у верхній частині. Первинна кристалізація протікає швидко у зв'язку з інтенсивним охолодженням розплавленого металу і закінчується для низьковуглецевої сталі з пониженням температури від моменту початку кристалізації всього на 20-30 °С. Це відповідає температурі 1510-1480° С. Після закінчення первинної кристалізації метал набуває аустенітну структуру в межах первинних стовпчастих кристалітів. При подальшому пониженні температури структурні зміни в сталі не спостерігаються (для низьковуглецевої сталі) до 850-900° С, після чого починаються наступні структурні зміни, звані вторинною кристалізацією.

1 МЕТА РОБОТИ

Провести дослідження структури швів, виконаних різними способами зварювання та структури зон термічного впливу, відмітити характерні ділянки.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Структура зварних швів

При зварюванні методами плавлення зварний шов утворюється з електродного, присадного й розплавленого основного металу. Отже, хімічний склад наплавленого металу визначається складом й часткою участі в утворенні шва зазначених матеріалів. При цьому хімічний склад окремих швів може відрізнятися.

В свою чергу, хімічний склад шва впливає на характер структур, а також на механічні та інші властивості наплавленого металу. Зміни швидкості охолодження, які впливають на структуру й властивості шва, досягаються, наприклад, за рахунок змін лінійної енергії зварювання або шляхом попереднього підігрівання зварюваних деталей.

Розглянемо, наприклад, структуру швів, виконаних ручним дуговим зварюванням, у захисних газах, автоматичним зварюванням під флюсом, а також газовим зварюванням.

При зварюванні плавленням зварний шов має структуру з яскраво вираженою стовпчастою будовою. Стовпчасті кристаліти складаються з окремих груп дендритів (рис. 2.1).

Через те, що площину шліфа перерізують дендрити під різними кутами, їх будова, яку видно під мікроскопом, різна. Поряд з овальною формою зустрічаються дендрити довгастої форми.

Лита структура зварних швів, у порівнянні зі структурою сталевого лиття, відрізняється дрібнозернистістю, внаслідок того, що при зварюванні розплавляється порівняно невеликий об'єм металу, який після зварювання охолоджується з великою швидкістю.

Механічні властивості шва, виконаного електродами, достатньо високі.

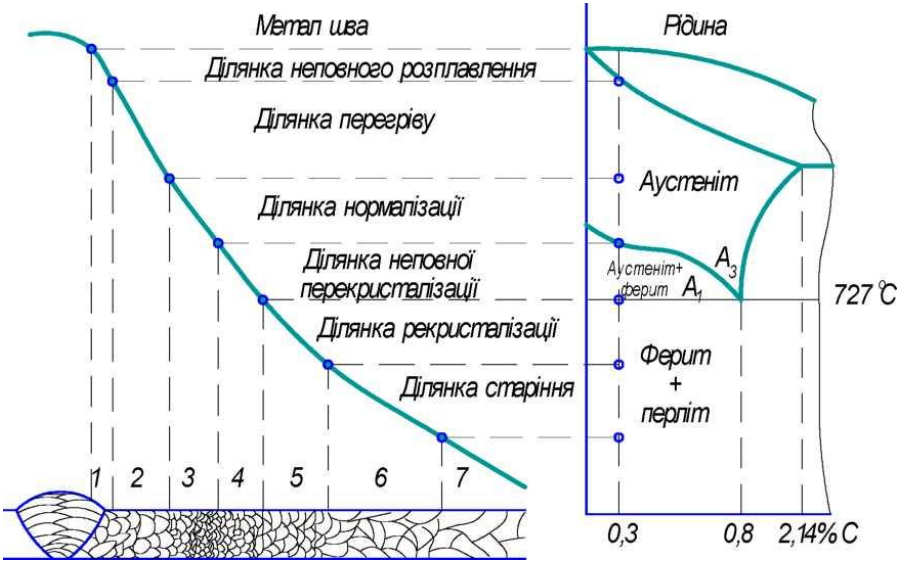

Рисунок 2.1 - Будова зон термічного впливу при зварюванні вуглецевої сталі

2.1.1 Зварювання електродом Св-08Г2С в захисних газах

При зварюванні у захисних газах швидкість охолодження шва велика. Тому шов набуває дрібнозернисту перлітну будову, при якій стовпчастість виражена слабко.

Через те, що при зварюванні дуга й розплавлений метал надійно захищені, у процесі зварювання не відбувається вигорання вуглецю та інших елементів і насичення металу, газами з атмосфери. Шов не має включень нітридів й окисів, але іноді спостерігається пористість. Через відмінності у хімічному складі шва й основного металу межа оплавлення виділяється різко. Механічні властивості такого шва задовільні.

2.1.2 Зварювання покритим електродом

При зварюванні електродом з покриттям зварювальна дуга й розплавлений метал мають захист. Швидкість охолодження шва буде невеликою, за рахунок присутності на поверхні шву шлаку.

Поблизу лінії сплавлення спостерігаються стовпчасті зерна з відманштедтовою будовою. При сповільненій швидкості охолодження отримуються більш стабільні структури з менш виявленим орієнтуванням дендритів і більш округлою формою зерен (рис. 2.1).

Метал шва, як правило, не містить будь-яких включень. Лінія сплавлення різко не виділяється. Хімічний склад наплавленого металу визначається складом електродного металу. При зварюванні незначне вигоряння деяких елементів у шві поповнюється за рахунок легування через обмазку. При зварюванні маловуглецевих сталей структура шва складається з рівномірно розподілених зерен фериту й перліту. Зерна металу у шві набувають значно менші розміри, якщо шов легований ванадієм, титаном, алюмінієм, молібденом і ін.

2.1.3 Автоматичне зварювання

При автоматичному зварюванні під флюсом дуга й розплавлений метал надійно захищені від зовнішнього впливу шлаком. Наплавлений метал відрізняється більшою чистотою. Швидкість охолодження шва менше, ніж при зварюванні покритим електродом.

Для структури шва характерна різко виявлена стовпчастість з відманштедтовою будовою зерна. Перліту в структурі шва більше, ніж при зварюванні покритим електродом, через те, що вигорання вуглецю при автоматичному зварюванні мінімальне. Включень нітридів, оксидів не спостерігається. Межа сплавлення дещо розмита.

Завдяки більшій чистоті наплавленого металу, а також більшій однорідності шва за хімічним складом. Механічні властивості наплавленого металу достатньо високі.

2.1.4 Газове зварювання

При газовому зварюванні має місце великий перегрів металу шва та сповільнене його охолодження.

Структура металу шва характеризується крупнозернистою будовою з ділянками відманштедта. Неметалічних і окисних включень, як правило, мало.

При зварюванні відновним полум'ям відбувається насичення наплавленого металу вуглецем і в структурі шва спостерігається підвищена кількість перліту. При зварюванні окисним полум'ям інтенсивно вигорає вуглець, у результаті в структурі шва переважає ферит. При нормальному полум'ї буде ферито-перлітна структура.

При розгляданні структури не слід робити поспішного зворотного висновку: якщо у шві багато фериту, то зварювання обов'язково проводилося окисним полум'ям. Велика кількість фериту у шві спостерігається частіше всього при зварюванні із застосуванням маловуглецевого присадного дроту.

Достатня чистота наплавленого металу дозволяє отримувати при газовому зварюванні задовільні механічні властивості шва.

2.2 Зона термічного впливу

Основний метал поблизу шва нагрівається у процесі зварювання до високих температур.

Окремі відрізки зони нагріваються до різних температур. Найбільшому нагріву піддаються ділянки поблизу шва. По мірі віддалення від шва температура нагріву металу поступово зменшується і на деякій відстані вона матиме вихідне (до зварювання) значення. При охолодженні після зварювання в металі відбуваються структурні зміни, які викликають, відповідно, зміни його механічних властивостей. Ця частина основного металу називається зоною термічного впливу (рис. 2.1).

Структурні зміни різних відрізків зони визначаються максимальною температурою нагріву даної точки металу, часом витримки при цій температурі й подальшої швидкості охолодження.

Зазначені фактори, в свою чергу, залежать від матеріалу й розмірів деталі, а також від способу й умов зварювання. Орієнтовно можна вважати, що ширина зони термічного впливу складає:

— при зварюванні в середовищі захисних газів 2...3 мм;
— при зварюванні якісним електродом 4...6 мм;
— при автоматичному зварюванні під флюсом 4...10 мм;
— при газовому зварюванні 20...30 мм.

При зварюванні маловуглецевих сталей в зоні термічного впливу розрізняють такі ділянки (рис. 2.1) залежності від температури нагріву, неповного розплавлення, перегріву, нормалізації, рекристалізації.

2.2.1 Відрізок неповного розплавлення

Метал відрізку нагрівається до температур початку й кінця плавлення. Відрізок є перехідним від наплавленого металу до основного й має незначні розміри, характеризується крупнозернистістю. Під мікроскопом спостерігається досить чітка межа шва (лінія сплавлення). Структура ферито-перлітна, зерна фериту великі.

2.2.2 Відрізок перегріву

На цьому відрізку нагрів досягає температури, близької до температури плавлення. Внаслідок цього тут відбувається ріст зерен, що призводить до зниження пластичних властивостей металу. Структура феритно-перлітна.

2.2.3 Відрізок нормалізації

Тут метал нагрівається при зварюванні трохи вище критичної точки Ac_3, звичайно (Ac_3 + 50° C), що відповідає температурі нагріву металу для загартування або нормалізації.

Звичайні швидкості охолодження цього відрізку після зварювання зіставлені зі швидкостями охолодження металу при нормалізації. Тому процес перекристалізації цього відрізку приведе до подрібнення зерен металу. Під час розглядання цього відрізку під мікроскопом спостерігається рівновісна дрібнозерниста перлітна структура. Метал з такою сприятливою структурою має високі механічні властивості, які часто краще властивостей основного металу.

2.2.4 Відрізок неповної перекристалізації

Температура нагріву цього відрізку знаходиться у межах від точки Ac_1 до точки Ac_3 (приблизно від 723 до 900° для маловуглецевої сталі). Метал тут піддається тільки частковій перекристалізації й структура отримується досить своєрідною. Дрібні зерна фериту й перліту, які пройшли перекристалізацію, розташовуються звичайно навколо старих, більш крупних зерен фериту, що не зазнали перекристалізації.

Механічні властивості металу, який складається з різко різноманітних за розмірами зерен, знижені.

2.2.5 Відрізок рекристалізації

Метал нагрівається в межах від 450 до 500° С до точки Ac_1, при такій температурі може відбуватися рекристалізація зерен фериту, яка проходить тільки у тому випадку, якщо основний метал перед зварюванням піддавався пластичній деформації.

Сутність явища рекристалізації заключається в тому, що при вказаному нагріві йде ріст зерен фериту, подрібнених у результаті попередньої пластичної деформації. Тому явище рекристалізації не спостерігається у литому металі. В результаті рекристалізації структура відрізку, який розглядається, складається з рівновісних зерен фериту і перліту. Механічні властивості після рекристалізації відновлюються і досягають рівня, який був до пластичної деформації.

Працездатність зварних з'єднань залежить не тільки від складу

наплавленого металу, його якостей, відсутності у ньому пор, тріщин, неметалевих включень та інших дефектів, а й також і від структури наплавленого й основного металу в зоні термічного впливу й розміру зерен. Зварні з'єднання з таких сталей експлуатуються, як правило, без подальшої обробки.

Вироби з вуглецевих й низьколегованих сталей чутливі до термічного циклу зварювання. Швидке охолодження з високих температур нагріву, характерне для зварювання та наплавлення, призводить до утворення загартованих структур у наплавленому металі і колошовної зоні. У результаті підвищується твердість металу шва і основного металу в зоні термічного впливу, зростає крихкість зварного з'єднання і втрачається його здатність сприймати динамічні навантаження.

Для відновлення початкової структури й властивостей металу в колошовний зоні, підвищення пластичних властивостей наплавленого металу необхідна термічна обробка (нормалізація, відпуск, відпал) з'єднань після зварювання.

В залежності від габаритів виробу проводиться або загальний відпал у печі (при малих розмірах виробу), або місцевий - шляхом нагріву шва в зоні термічного впливу газовими пальниками. Зрідка поверх шва наплавляється так званий відпалений валик, при накладанні якого властивості металу трохи покращуються завдяки частковому перетворюванню загартованих структур у структури відпалу.

3 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

3.1 Зварювальні дроти Св-08 та Св-08Г2С, електроди АНО-4, флюс АН-348А або АН-60; захисний газ CO_2;

3.2 Пластини з маловуглецевої сталі;

3.3 Зварювальне обладнання:

- пост для ручного дугового зварювання,
- автоматична головка А-1416, пост для газового зварювання, пост зварювання у CO_2;

3.4 Мікроскоп МГМ-7;
3.5 Обладнання й матеріали для виготовлення мікрошліфів.

4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

4.1 Зробити наплавлення в один шар на пластину із стали Ст.3:
- дротом Св-08Г2С в середовищі CO_2;
- якісним електродом (АНО-4);
- дротом Св-08 під флюсом АН-348;
- дротом Св-08 за допомогою посту для газового зварювання;

4.2 Відрізати зразки наплавлень завдовжки L = 20 мм.
4.3 Виготовити мікрошліфи.
4.4 Дослідити мікроструктури швів і зони термічного впливу.
4.5 Зробити аналіз результатів.

5 ЗМІСТ ЗВІТУ

5.1 Описати технологію й вказати режим наплавлення
5.2 Описати процес виготовлення зразків.
5.3 Зробити ескізи структур.
5.4 Аналіз отриманих даних і загальні висновки.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Зварюваність сталей.
2. Кристалізація металу шва.
3. Гарячі тріщини у шві й зоні термічного впливу.
4. Запас деформаційної здатності металу шва.
5. Основні міри запобігання гарячих тріщин.
6. Структурні запобігання у шві й зоні термічного впливу

вуглецевих сталей при зварюванні.

7. Холодні тріщини в металі шва і зоні термічного впливу.
8. Зона термічного впливу.
9. Структура металу на відрізку неповного розплавлення.
10. Структура металу на відрізку перегріву.
11. Структура металу на відрізку нормалізації.
12. Структура металу на відрізку неповної перекристалізації.
13. Структура металу на відрізку рекристалізації.
14. Зміна твердості металу в зоні термічного впливу.
15. Зміна ударної в'язкості металу в зоні термічного впливу.
16. Відманштедтова структура у шві в зоні термічного впливу.
17. Вплив водню на утворення холодних тріщин при зварюванні.
18. Вплив мартенситу на утворення холодних тріщин при зварюванні.
19. Спільний вплив сірки, марганцю й вуглецю на утворення тріщин у металі шва.
20. Зварюваність вуглецевих сталей.

7 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

7.1 До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.

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

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

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

ЛІТЕРАТУРА

1. Теоретические основы сварки. /Под ред. Фролова В.В. - М.: Высшая школа, 1970. - С. 41-106.

2. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга - М.: Машиностроение, 1970. - С. 40-70.

3. Багрянский К.В. и др. Теория сварочных процессов - М.: Высшая школа, 1977. - С. 89-120.

4. Петров ГЛ., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов. Учебник для вузов. Изд. 2-е перераб. М.: Высшая школа, 1977. - 302 с.

5. Теория сварочных процессов / Под ред. В.В. Фролова М.: Высшая школа, 1988. - 597 с.