

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра «Експлуатація та ремонт машин»

ЗВАРЮВАННЯ ПЛАВЛЕННЯМ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальності
спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Кіровоград 2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра «Експлуатація та ремонт машин»

ЗВАРЮВАННЯ ПЛАВЛЕННЯМ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальності
спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Затверджено на засіданні кафедри
"Експлуатація та ремонт машин"
Протокол № 15 від 1.07.2016р.

Кіровоград 2016

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Зварювання плавленням".

/Укл.: проф. к.т.н., Є.К. Солових, к.т.н. доц. М.В. Красота, к.т.н., доц. С.І. Маркович, к.т.н., доц. І.В. Шепеленко, к.т.н., ст.викл. О.Ю. Жулай, ас. М.М. Труш – Кіровоград: КНТУ, 2016. - 67 с.

Укладачі: проф., к.т.н. Є.К. Солових
к.т.н., доц. М.В. Красота
к.т.н., доц. С.І. Маркович
к.т.н., доц. І.В. Шепеленко
к.т.н., ст.викл. О.Ю. Жулай,
ас. М.М. Труш

Відповідальний за випуск О.Ю. Жулай

Рецензент : к.т.н., доц. С.І. Маркович

Комп'ютерний набір та верстка: М.В. Красота, М.М. Труш,
О.Ю. Жулай

©Зварювання плавленням

Укладачі: Є.К. Солових, М.В. Красота, С.І. Маркович, І.В. Шепеленко,
О.Ю. Жулай, М.М. Труш, 2016.

Зміст

<i>Загальні відомості.....</i>	
<i>Лабораторна робота №1</i> Вивчення конструкції, роботи апаратів з постійною швидкістю подачі електрода для механізованого зварювання під флюсом й налаштування їх на заданий режим.....	7
<i>Лабораторна робота №2</i> Вплив режимів зварювання на форму й розміри шва.....	14
<i>Лабораторна робота №3</i> Розрахунок і перевірка режимів автоматичного зварювання під шаром флюсу по заданій глибині провару.....	19
<i>Лабораторна робота №4</i> Вплив режимів ручного дугового зварювання й погонної енергії на частку основного металу у шві	25
<i>Лабораторна робота №5</i> Технологія дугового зварювання алюмінію й алюмінієвих сплавів...	30
<i>Лабораторна робота №6</i> Технологічні особливості газового зварювання чорних металів та сплавів	37
<i>Лабораторна робота №7</i> Технологічні особливості газового зварювання кольорових металів і сплавів.....	56

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Оцінка виконання лабораторних робіт

Для закріплення знань виконується захист лабораторних робіт шляхом усного опитування студента або вирішення ним тестових завдань.

Виконання лабораторних робіт з дисципліни „Зварювання плавленням”, перевірка знань та практичних навичок, отриманих студентами в процесі їх виконання здійснюється на основі кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Згідно з цією системою оцінювати якість виконання лабораторних робіт пропонується за певною кількістю балів.

Бали нараховуються відповідно ступеню складності лабораторної роботи, а також повноти відповідей на контрольні запитання, якість оформлення звітів. Теми лабораторних робіт та їх максимальні оцінки в балах наведені в таблиці.

№ заняття	Найменування практичних занять	Обсяг годин	Максимальна кількість балів
1	Вивчення конструкції, роботи апаратів з постійною швидкістю подачі електрода для механізованого зварювання під флюсом й налаштування їх на заданий режим	4	5
2	Вплив режимів зварювання на форму й розміри шва	2	4
3	Розрахунок і перевірка режимів автоматичного зварювання під шаром флюсу по заданій глибині провару	2	4
4	Вплив режимів ручного дугового зварювання й погонної енергії на частку основного металу у шві	2	4
5	Технологія дугового зварювання алюмінію й алюмінієвих сплавів	2	4
6	Технологічні особливості газового зварювання чорних металів та сплавів	4	5
7	Технологічні особливості газового зварювання кольорових металів і сплавів	2	4
Всього:		18	30

Бали нараховані по кожному пункту вводяться у рейтинг-програму, яка переводить їх до спільної шкали, формуючи тим самим рейтинг студента по одному з видів навчальної роботи – лабораторних роботах.

Кількість балів, набрана на лабораторних роботах додається в кінці семестру до балів, якими оцінюється засвоєння лекційного матеріалу та самостійна робота студента. На основі набраної кількості балів студент отримує екзаменаційну оцінку з дисципліни.

Вказівки по техніці безпеки

При роботі на зварювальних апаратах існує небезпека враження електричним струмом; опіку очей, шкіри обличчя, рук потужним ультрафіолетовим випромінюванням зварювальної дуги й бризками розплавленого металу. Тому при виконанні лабораторних робіт НЕОБХІДНО виконувати наступні вимоги:

1. При вивченні конструкції апаратів переконатися, що вони вимкнені.
2. Не починати роботи зі зварювання без дозволу викладача.
3. Не включати рубильник, перевірити й переконатися в правильності роботи кнопочного керування, зажимів, апарата в цілому. Перевірити наявність захисних щитів і кожухів на апараті, джерелі живлення й шафі керування. Перед включенням рубильника попередити товаришів по роботі.
4. Роботу виконувати в спецодязі (у халаті, у рукавицях).
5. При роботі зварювального апарата не доторкатися руками до струмоведучих частин.
6. При заміні змінних шестерень відключити зварювальний апарат від електричної мережі.
7. При видаленні шлаків одягти захисні окуляри, які необхідно одягати й при роботі на апараті для зварювання під флюсом.
8. Захищати очі й обличчя зварювальними щитками, масками при роботі на апаратах для зварювання в захисних газах та газовому зварюванні.
9. При будь-яких неполадках і несправностях у роботі зварювального апарата негайно відключити його від електричної мережі й доповісти викладачеві.
10. Після закінчення роботи на зварювальному апараті очистити робоче місце від шлаків і флюсу, здати установку в робочому стані лаборантові. Здати окуляри й спецодяг.

Лабораторна роботи № 1 ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, РОБОТИ АПАРАТІВ З ПОСТІЙНОЮ ШВИДКІСТЮ ПОДАЧІ ЕЛЕКТРОДА ДЛЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗВАРЮВАННЯ ПІД ФЛЮСОМ Й НАЛАШТУВАННЯ ЇХ НА ЗАДАНИЙ РЕЖИМ

Мета роботи:

1. Вивчити конструкцію й роботу зварювального апарату з постійною швидкістю подачі електродного дроту А-1416.
2. Засвоїти техніку налаштування на заданий режим зварювання апаратів з постійною швидкістю подачі електродного дроту.
3. Одержати навички керування зварювальними апаратами.

Устаткування і матеріали

1. Зварювальний апарат з постійною швидкістю подачі електродного дроту: А-1416.
2. Зразки з низьковуглецевої сталі 500x200x10...20 мм .
3. Зварювальний дріт Св-08, Св-08А, Св-08Г2С діаметром 3...5 мм із розрахунку не менш 3 кг.
4. Зварювальний флюс марок АН-348А, АН-60 з розрахунку 3...4 кг.

1.1 Сутність процесу зварювання під флюсом

При цьому способі зварювання електрична дуга горить під зернистим сипучим матеріалом (рис. 1.1), що називається зварювальним флюсом 2. Під дією тепла зварювальної дуги розплавляються електродний дріт 1 і основний метал 4, а також частина флюсу. У зоні зварювання утворюється порожнина 5, заповнена парами металу, флюсу й газами. Газова порожнина обмежена у верхній частині плівкою розплавленого флюсу 3. Розплавлений флюс, оточуючи газову порожнину, захищає розплавлений метал у зоні зварювання від шкідливого впливу навколишнього середовища, здійснює металургійну обробку металу у зварювальній ванні 6. По мірі віддалення зварювальної дуги розплавлений флюс твердіє, утворюючи на шві шлакову кірку 8. Після припинення процесу зварювання й охолодження металу шлакова кірка легко відділяється від металу шва 7. Невитрачена частина флюсу спеціальним пневматичним пристроєм збирається у флюсоапарат і використовується надалі при зварюванні.

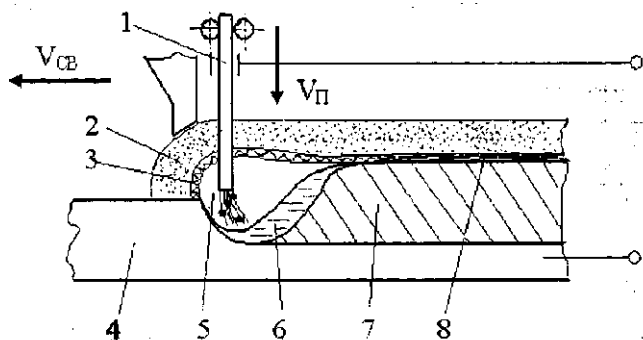


Рисунок 1.1 - Схема процесу автоматичного зварювання під флюсом

1.2. Устаткування для механізованого зварювання під флюсом

Зварювальним апаратом називають комплекс механізмів і електричних приладів, необхідних для механізації й автоматизації прийомів і операцій при виконанні зварного з'єднання. Процес виконання зварного з'єднання можна розділити на наступні прийоми й операції:

- збудження зварювальної дуги й підтримка стійкого горіння дуги на заданих режимах (струму й напрузі);

- подача електрода в зону зварювання;
- напрямок електрода по осі шва;
- переміщення в заданому напрямку уздовж кромок, що зварюються, із заданою швидкістю;
- подача флюсу в зону зварювання;
- збирання невикористаного флюсу;
- припинення процесу зварювання й заварювання кратера.

Пристрій, що здійснює збудження дуги, подачу електродного дроту, підтримку режиму й припинення процесу зварювання, називають *зварювальною головкою*.

Якщо зварювальна головка із системою механізмів корегування, бункером для флюсу, касетою для дроту змонтовані на самохідному візку, то цей пристрій називають *самохідним зварювальним апаратом*. Такі апарати переміщуються по спеціально встановленим направляючим і призначені для зварювання одного або групи однотипних виробів. Самохідні зварювальні апарати є частиною стаціонарних зварювальних установок.

Переносний зварювальний апарат, що переміщається в процесі виконання зварного з'єднання уздовж кромок безпосередньо по поверхні виробу або по переносному шляху, покладеному на виробі, називають *зварювальним трактором*.

Зварювальну головку із системою механізмів корегування, бункером для флюсу й касетою для дроту, закріплену нерухомо над зварюваним виробом, називають *підвісним зварювальним апаратом*. При використанні підвісних зварювальних апаратів в установках переміщається сам виріб за допомогою механічного устаткування (маніпуляторів, обертачів, роликів стендів), а дуга залишається нерухомою. Підвісні зварювальні апарати встановлюють і на візки коли, наприклад, необхідно виконати довгі прямолінійні шви або перемістити зварювальний апарат з однієї позиції на іншу й т.д.

Пристрій, у якому механізована тільки подача електродного дроту, а переміщення дуги уздовж кромок, що зварюються, виконує зварювальник вручну, називають *шланговим апаратом* (шланговим напівавтоматом).

На теперішній час промисловість випускає великий парк устаткування для механізованого зварювання під флюсом. Самохідні апарати загального призначення випускають відповідно до ГОСТ 8213 -75 *Е «Автомати для дугового зварювання електродом, що плавиться, самохідні».

Шлангові апарати випускають за ГОСТ 18138-79Е «Напівавтомати шлангові для дугового зварювання електродом, що плавиться,».

1.3 Основні елементи й вузли зварювальних апаратів

Механізм подачі електродного дроту складається із привода й системи роликів, що подають. Привід забезпечує обертання ролика, що подає, із заданою швидкістю й з необхідним крутним моментом, а також налаштування заданої швидкості подачі електродного дроту. У серійному або масовому виробництві, де режими змінюються відносно рідко, застосовують

механізми подачі електродного дроту зі змінними шестернями. В індивідуальному виробництві, де часто доводиться змінювати режим зварювання, використовують апарати, що мають механізми подачі з коробками швидкостей, з варіаторами.

Конструкція системи роликів, що подають, повинна забезпечувати стабільну подачу з касети в зону зварювання дроту з різних матеріалів і різних діаметрів без її значної деформації. Використовують циліндричні ролики з насічкою, із гладкою канавкою, з канавкою й насічкою, гумовані ролики, шестерні ролики з канавкою й ін.

Струмопідвідні мундштуки здійснюють спрямування електрода в зону зварювання й підведення до нього струму. Мундштуки бувають роликовими, колодковими, трубчастими й чобітковими. Чобіткові мундштуки звичайно встановлюють на апаратах, призначених для роботи із дротом малих діаметрів (до 2 мм). Роликові, колодкові й трубчасті мундштуки застосовують при зварюванні дротом діаметром 3-6 мм.

Правильні механізми призначені для збільшення точності спрямування електрода. Необхідність у виправленні викликається тим, що дріт, що поставляється в бухтах, має власну кривизну, а іноді й місцеві прогини, причому кривизна в межах одного мотка змінна. Для виправлення електрод пропускають через систему роликів, що вільно обертаються та розташовані у шаховому порядку, щоб зворотним вигином дроту компенсувати його кривизну.

Касети для дроту. Служать для закріплення запасу електродного дроту на корпусі автомата. Найбільше поширення при зварюванні дротом 3-5 мм одержали касети закритого типу. На шлангових апаратах (дріт до 2 мм) встановлюють, як правило, касети відкритого типу. На деяких зварювальних апаратах розташовані хрестовини для дроту або конічні катушки.

Механізми переміщення служать для переміщення зварювальної дуги із заданою швидкістю, для повернення зварювального апарата у вихідне положення вручну або з маршовою швидкістю. Як механізм переміщення найчастіше використовують три- або чотириколісний візок, що переміщується по спеціальним направляючих або по виробу. Швидкість переміщення встановлюють змінними шестернями, змінними ходовими колесами або зміною числа обертів двигуна постійного струму.

Флюсоапарати служать для подачі флюсу в зону зварювання й збирання невикористаного флюсу після зварювання. На зварювальних тракторах, на тримачах шлангових апаратів встановлюють бункер для подачі флюсу в зону зварювання. На підвісних самохідних зварювальних апаратах змонтовані флюсоапарати, які служать і для подачі, і для збирання флюсу.

Механізми корегування служать для встановлення до зварювання й корегування під час зварювання положення зварювальної дуги щодо кромки, що зварюються. Залежно від конструкції ці корегування можна виконувати вручну або автоматично.

У комплект зварювальних апаратів входить *шафа керування*. Тут встановлені джерела живлення двигунів, що використовуються в апараті,

елементи керування роботою й налаштуванням зварювального апарата: силовий контактор, проміжні реле, запобіжні пристрої тощо.

Для керування апаратом і контролю режиму зварювання встановлюють *пульт керування*.

1.4 Налаштування апаратів на заданий режим

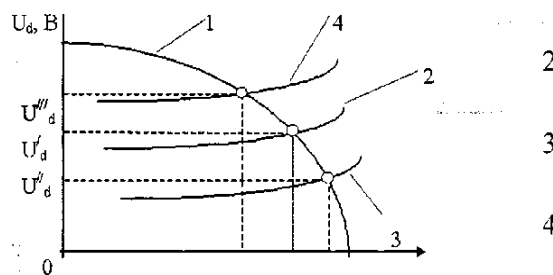
Промисловість випускає два типи апаратів:

1) апарати з постійною швидкістю подачі електродного дроту, не залежної від напруги на дузі;

2) апарати з автоматичним регулюванням напруги на дузі й залежної від неї швидкості подачі електродного дроту.

У зварювальних головках з постійною швидкістю подачі електродного дроту при зміні довжини дугового проміжку відновлення режиму відбувається за рахунок тимчасової зміни швидкості плавлення електрода внаслідок саморегулювання дуги. У цих апаратах при виникненні відхилень, що приводять до зміни довжини електричної дуги, змінюється швидкість плавлення електродного дроту. При зменшенні дугового проміжку (зменшення напруги на дузі) збільшується сила зварювального струму, що приводить до збільшення швидкості плавлення електрода (рис. 1.2).

Збільшення довжини дуги викликає зменшення сили зварювального струму, що приводить до зменшення швидкості плавлення електрода й відновленню дугового проміжку.



1- зовнішня характеристика джерела живлення;

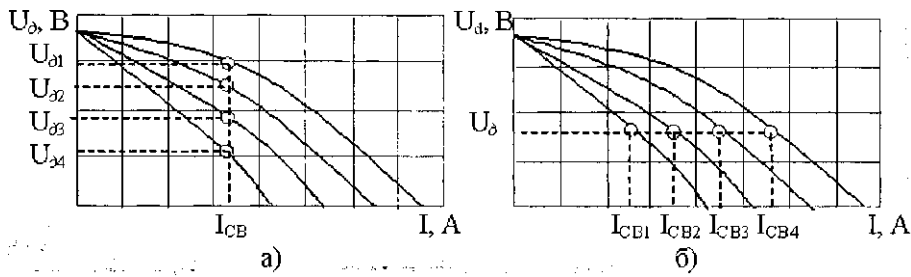
2- статична характеристика дуги при нормальному процесі горіння дуги;

3- статична характеристика дуги при зменшенні її довжини;

4- статична характеристика дуги при збільшенні її довжини.

Рисунок. 1.2. Зміна параметрів режиму зварювання при зміні довжини дуги.

У зварювальних головках з автоматичним регулятором напруги на дузі порушення довжини дугового проміжку викликає таку зміну швидкості подачі електродного дроту (впливом на електродвигун постійного струму), при якій відновлюється задана напруга на дузі.



а) - на апаратах з постійною швидкістю подачі електродного дроту;

б) - на апаратах з автоматичним регулюванням напруги на дузі.

Рисунок 1.3 - Зміна зовнішньої характеристики джерела живлення при налаштуванні параметрів режиму зварювання.

Апарати цих двох типів відрізняються встановленням заданого режиму та основних параметрів: зварювального струму й напруги на дузі. На апаратах з постійною швидкістю подачі задане значення зварювального струму визначають підбиранням відповідного значення швидкості подачі електродного дроту. Напруга на дузі підбирається зміною кривизни зовнішньої характеристики джерела живлення (рис. 1.3, а).

Необхідну швидкість подачі електродного дроту встановлюють або змінними зубчатими шестернями (ступінчате регулювання), або зміною числа обертів двигуна постійного струму (плавне регулювання). Для розширення меж регулювання швидкості подачі використовують і плавноступінчате регулювання (двигун постійного струму й редуктор із змінними шестернями).

На апаратах з автоматичним регулятором напруга на дузі задається й автоматично підтримується постійно під час зварювання.

Задане значення зварювального струму задають зміною кривизни зовнішньої характеристики джерела живлення (рис. 3, б).

Встановлення інших параметрів режиму зварювання (швидкості зварювання, вильоту електрода, висоти шару флюсу й ін.) аналогічне для апаратів обох типів і визначаються конструктивними особливостями конкретного апарата.

1.5 Порядок виконання роботи

1. Вивчення конструкції зварювального апарату А-1416 за паспортом, підручникам і методичними вказівками.

1.1. Вивчити комплектність зварювального апарата.

1.2. Вивчити конструкцію зварювального апарату: вузли й механізми апарата, їхню роботу й взаємодію.

1.3. Вивчити кінематичну схему апарата.

1.4. Вивчити елементи електричної схеми апарата й роботу принципової електричної схеми.

1.5. Вивчити технічну характеристику апарата.

2. Налаштування зварювального апарата на заданий режим зварювання.

2.1. Вивчити й відпрацювати техніку налаштування зварювального апарата на зварювання різних типів зварних з'єднань: стикових, кутових, у положенні «зварювання в човник» і «зварювання в кут».

2.2. Вивчити й відпрацювати техніку налаштування заданих швидкостей подачі електрода й зварювання, діаметра й вильоту електрода, висоти шару флюсу.

2.3. Налаштувати заданий викладачем режим зварювання (наплавлення). Режими призначають виходячи з товщини наявних зразків. У процесі виконання зварювання режим необхідно корегувати залежно від якості формування шва.

3. Отримання навичок у керуванні апаратом.

3.1. На налаштованому заданому режимі кожен студент повинен виконати зварювання або наплавлення валика не менше 2...3 разів. При цьому особливу увагу варто звернути на правильність пуску апарата й припинення процесу зварювання, на контроль зварювального струму й напруги на дузі по наявних контрольно-вимірювальних приладах.

3.2. Досліджувати вплив швидкості подачі електрода на величину зварювального струму при постійній напрузі на дузі. За результатами вимірів (не менше 5) побудувати графік залежності зварювального струму від швидкості подачі електрода. Звернути увагу на те, що при зміні швидкості подачі електрода необхідно змінювати й крутизну зовнішньої характеристики джерела живлення для збереження напруги на дузі постійним.

1.6 Зміст звіту

Звіт по лабораторній роботі повинен містити:

1. Назву роботи.
2. Мету роботи.
3. Описання конструкції й призначення вузлів досліджуваного апарата.
4. Кінематичну й принципову електричну схему апарата. Описання їх роботи.
5. Описання техніки налаштування апарата на заданий режим.
6. Технічну характеристику досліджуваного зварювального апарата.
7. Основні результати по налаштуванню заданих параметрів режиму зварювання (таблиці, графіки).
8. Висновки по роботі.
9. Відповіді на контрольні запитання

Контрольні запитання

1. В чому полягає суть зварювання під шаром флюсу?
2. Що називають зварювальним апаратом?
3. Що таке зварювальна головка?
4. Що таке зварювальний трактор?

5. Назвіть основні вузли зварювальних апаратів та їх призначення?
6. Як регулюється режим зварювання в апаратах з постійною швидкістю подачі електродного дроту?

Література

1. Технічна документація на досліджуваний апарат: опис і інструкцію для експлуатації, паспорт.
2. Бельфор М.Г., Патон Б.Е. Оборудование для дуговой и шлаковой сварки и наплавки. - М. : Высшая школа, 1974. - 256 с.
3. Шебеко Л.П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки. - М. : Высшая школа, 1970. - 344 с.

Лабораторна робота № 2 ВПЛИВ РЕЖИМІВ ЗВАРЮВАННЯ НА ФОРМУ Й РОЗМІРИ ШВА

Мета роботи:

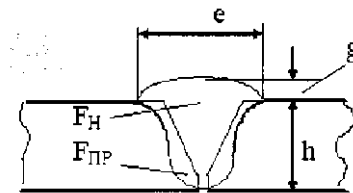
Вивчити вплив режимів зварювання на форму й геометричні розміри шва.

Необхідне устаткування і матеріали

1. Зварювальний автомат - самохідна зварювальна головка або зварювальний трактор.
2. Необхідний комплект приладів, інструментів і проводів.
3. Планки з маловуглецевої сталі розміром 200x300x10...20.
4. Електродний дріт марки Св-08 або Св-08А діаметром 2, 3, 4, 5 і 6 мм із розрахунку не менш 3 кг на ланку.
5. Зварювальний флюс марок АН-348А або ОСЦ-45 з розрахунку не менш 3,5 кг.
6. Наждаковий папір і реактиви для виконання макрошліфів.

2.1. Вплив основних параметрів режиму зварювання на геометрію зварного з'єднання

Геометричні розміри зварного шва в значній мірі визначають його властивості. Геометрію звареного шва характеризують глибиною проплавлення основного металу, шириною шва, висотою посилення, площею наплавлення й площею проплавлення (рис. 2.1). Відношення ширини шва до глибини проплавлення (e/h) називають коефіцієнтом форми шва, а відношення ширини шва до висоти посилення - коефіцієнтом форми посилення. Коефіцієнти форми шва й посилення визначають працездатність звареного з'єднання в цілому, стійкість металу шва проти утворення тріщин. Установлено, що значення цих коефіцієнтів повинно бути в межах: коефіцієнт форми шва - 0,8...4,0; коефіцієнт форми посилення - 7...12.



h - глибина проплавлення основного металу; e - ширина проплавлення; g - висота підсилення; $g+h$ - висота шва; $\varphi_{np} = e/h$ - коефіцієнт форми проплавлення;

Рисунок 2.1 - Основні параметри стикового шва

Геометрія зварного шва залежить від параметрів режиму зварювання: діаметра електрода, сили зварювального струму, напруги на дузі, швидкості зварювання, роду струму, флюсу, кута нахилу електрода.

Діаметр електрода. Із збільшенням діаметра електрода (при постійних інших параметрах) підсилюється блукання активної плями по торцю електрода а, отже, й активної плями, розташованої на виробі. Підведення тепла дуги через більшу поверхню збільшує ширину шва й тепловідведення, що приводить до зменшення глибини проплавлення (рис. 2.2, а).

Зменшення діаметра електродного дроту приводить до зворотного явища - зосередженню активної плями на електроді й зменшенню блукання дуги по поверхні зварювальної ванни. Глибина проплавлення зростає, а ширина шва зменшується (рис. 2.2, 2.3). Особливо помітно це проявляється при зварюванні на малих струмах.

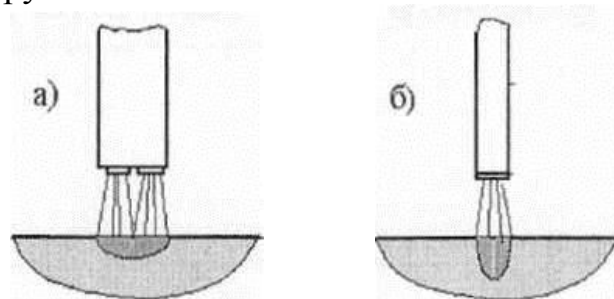


Рисунок 2.2 - Вплив діаметра електрода на параметри шва

Сила зварювального струму. При постійному діаметрі електрода зі збільшенням сили зварювального струму зростає концентрація теплової енергії в плямі нагрівання. При цьому зростає величина зварювальної ванни (довжина, глибина й ширина). Особливо інтенсивно зростає глибина проплавлення. Це обумовлено не тільки збільшенням теплової потужності, але й значним підвищенням тиску дуги на ванну, що пропорційна квадрату сили зварювального струму. Збільшення тиску дуги на ванну приводить до витискання рідкого металу з під дуги, зменшуючи товщину рідкого прошарку між дугою й основним металом, що у свою чергу, поліпшує теплообмін між дугою й основним металом. Глибина проплавлення збільшується, у той час як ширина шва залишається практично постійною.

Підвищення зварювального струму спричиняє збільшення кількості розплавленого металу. Тому при постійних інших параметрах режиму зварювання збільшується й висота підсилення шва. Коефіцієнти форми шва й підсилення при підвищенні сили зварювального струму зменшуються. У результаті помітно погіршуються умови дегазації металу у зварювальній ванні, підвищується схильність металу шва до появи гарячих тріщин. Утворюється різкий перехід від основного металу до наплавленого, що знижує працездатність зварного з'єднання, особливо при ударних і знакозмінних навантаженнях; погіршується поверхня шва, шлакова кірка погано відділяється. Щоб уникнути цього, при збільшенні значення зварювального струму варто збільшувати й напругу на дузі.

Напруга на дузі. З підвищенням напруги на дузі (при постійних інших параметрах) збільшується її довжина й рухливість. Це призводить до збільшення ширини шва й зменшення висоти його підсилення (кількість наплавленого електродного металу залишається практично постійною). Збільшення рухливості плями дуги, розташованою на виробі, призводить до збільшення площі плями нагрівання а, отже до збільшення кількості тепла, що йде на тепловідведення. Це приводить до зменшення тепла, що йде на плавлення основного металу, а отже глибини проплавлення.

Таким чином, струм і напруга впливають на форму шва протилежно. Тому для збереження оптимальної форми шва збільшення зварювального струму повинно супроводжуватися відповідним підвищенням напруги.

Швидкість зварювання. Із збільшенням швидкості зварювання зменшується погонна енергія дуги, тому зменшується ширина шва. Кількість наплавленого металу із збільшенням швидкості зварювання на одиницю довжини шва зменшується. Це приводить до зменшення висоти підсилення шва. Однак із збільшенням швидкості зварювання стовп дуги починає відхилятися в напрямку, протилежному зварюванню.

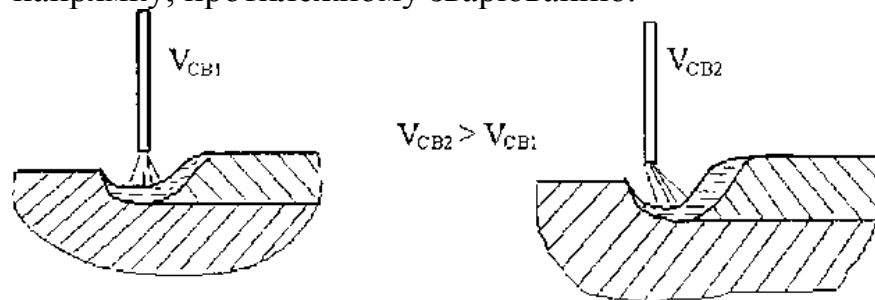


Рисунок 2.3 - Вплив швидкості зварювання на форму проплавлення

Відхиляючись, стовп дуги витісняє частину рідкого металу у хвостову частину ванни. Зменшення товщини рідкого прошарку під дугою приводить до збільшення глибини проплавлення при підвищенні швидкості зварювання до 30...35 м/год (рис. 2.3). Подальше збільшення швидкості зварювання у зв'язку із зменшенням погонної енергії дуги приводить до зменшення глибини проплавлення.

Кут нахилу електрода. При нахилі електрода «кутом назад» відповідно відхиляється й стовп дуги. Тиском дуги частина металу відтискається у хвостову частину ванни й глибина проплавлення збільшується.

При нахилі електрода «кутом уперед» рідкий прошарок під дугою, нічим, не відтискається у хвостову частину ванни, чим ускладнює теплообмін між активною плямою й основним металом, глибина проплавлення при цьому зменшується, а ширина шва трохи зростає. Зварювання «кутом уперед» і «кутом назад» є одним з технологічних прийомів, що дозволяють одержувати задану форму звареного шва.

Рід струму, полярність. При зварюванні постійним струмом теплова потужність, що виділяється в катодній плямі, більша, ніж в анодній. Це приводить до зменшення ширини шва й глибини проплавлення при зварюванні постійним струмом прямої полярності в порівнянні із зварюванням на зворотній полярності. При зварюванні змінним струмом зона проплавлення при тих же параметрах займає середнє значення.

Властивості флюсів. Зміна геометрії зварного шва і його зовнішнього вигляду залежить і від стабілізуючих властивостей, в'язкості й насипної маси флюсу.

З підвищенням стабілізуючих властивостей флюсу збільшується довжина дуги і її рухливість. Тому глибина проплавлення зменшується, а ширина шва зростає.

Флюси з меншою насипною масою забезпечують одержання зварних швів з меншою глибиною проплавлення і з більшою шириною шва, тому що зменшення маси створює менший тиск на газову порожнину, збільшення її розмірів і більшу рухливість дуги.

Менш в'язкі флюси, а також флюси з низькою швидкістю затвердіння (довгі шлаки), забезпечують краще видалення залишків газів з ванни й більш гладку поверхню.

2.2 Завдання

Необхідно вивчити вплив параметрів режиму зварювання на форму й розміри шва.

Види й кількість змінюваних параметрів призначаються викладачем. Основні параметри режиму зварювання, що підлягають вивченню:

1. величина зварювального струму, А;
2. напруга на дузі, В;
3. швидкість зварювання, м/год;
4. діаметр електрода, мм;
5. кут нахилу електрода до виробу, град.

При цьому необхідно з'ясувати, як впливають дані параметри режиму зварювання на основні параметри шва:

1. ширину шва;
2. висоту підсилення;
3. глибину проплавлення;

4. коефіцієнт форми шва;
5. коефіцієнт форми підсилення;
6. частку основного металу.

Крім вивчення впливу на основні розміри шва зазначених параметрів необхідно з'ясувати характер формування зовнішньої поверхні шва, відділення шлакової кірки, наявність дефектів зварювання (тріщин, пор, шлакових включень тощо)

2.3. Порядок виконання роботи

При вивченні впливу даного параметра зварювання на форму шва необхідно залишати незмінними інші параметри. Зміну даного параметра необхідно робити не менше 4-5 разів у заданому викладачем інтервалі. Після виконання потрібної кількості наплавлень виконується різання планок і готування шліфів. По макрошліфах виконуються необхідні виміри параметрів швів.

Результати вимірювань занести в таблицю 2.1. Побудувати необхідні графіки. Зробити висновки за узагальненими результатами.

2.4. Зміст звіту

1. Описати характер впливу заданого параметра режиму зварювання на форму й розміри шва.
2. Описати вплив інших параметрів на форму й розміри шва.
3. Описати характер формування зовнішньої поверхні шва, відбілювання шлакової кірки, наявність дефектів зварювання залежно від змінюваного параметра режиму зварювання.
4. Відповісти на контрольні запитання

Таблиця 2.1 – Результати вимірювань

Режим							Отримані параметри швів					
№ досліду	I _{зв} , А	U _д , В	V _{зв} , м/год	d _{ел} , мм	Кут нахилу електрода, град	Рід струму, полярність	h _{пр} , мм	e, мм	g, мм	Ψ _{пр}	Ψ _{ус}	γ _{осн} , %

Контрольні питання

1. Якими параметрами характеризується геометрія зварного шва?
2. Як впливає діаметр електрода на параметри зварного шва?
3. Як впливає сила струму на параметри зварного шва?
4. Як впливає напруга на параметри зварного шва?
5. Як впливає швидкість зварювання на параметри зварного шва?
6. Як впливає кут нахилу на параметри зварного шва?
7. Як впливає склад флюсу на параметри зварного шва?

Лабораторна робота №3

РОЗРАХУНОК І ПЕРЕВІРКА РЕЖИМІВ АВТОМАТИЧНОГО ЗВАРЮВАННЯ ПІД ШАРОМ ФЛЮСУ ПО ЗАДАНИЙ ГЛИБИНІ ПРОВАРУ

Мета роботи:

Встановити вплив параметрів режиму зварювання на коефіцієнт наплавлення α_n , продуктивність $G_{\phi l}$ витрату флюсу μ і розміри окремих елементів шва.

Необхідні матеріали

1. Пластини з маловуглецевої сталі (200x100x12 мм).
2. Зварювальний дріт ($d = 3...4$ мм).
3. Флюс ОСЦ-45 або АН-348А.

Устаткування, пристосування, інструмент

1. Автоматична установка з приладами.
2. Ваги циферблатні з гирями.
3. Секундомір.
4. Лінійка.
5. Чертилка.
6. Штангенциркуль.
7. Спеціальна струбцина.
8. Настільні лещата.
9. Бачок з водою.
10. Прес для зламу проб.
11. Пристосування для складання й зварювання.

3.1. Залежність параметрів шва від режиму зварювання

На практиці доводиться розраховувати режим автоматичного зварювання по шву, зазначеному на кресленні тієї або іншої конструкції. Зміна розмірів швів зварних конструкцій небажано, тому що їх зменшення знижує міцність конструкції, а збільшення викликає додаткові витрати флюсу, дроту, електроенергії, підвищується основний час на виготовлення виробу.

Зварні шви, виконані автоматом, мають три найбільш важливі розміри, що впливають на якість з'єднання: глибину провару h , ширину шва b , випуклість c . Величина їх устанавлюється за розмірами шва, заданими на кресленні, потім за формулами визначають площу перетину наплавленого валика F_n . Відношення ширини шва до глибини провару називається коефіцієнтом форми провару ψ_{np} і визначається за формулою

$$\psi_{np} = \frac{b}{h} \dots\dots\dots(3.1)$$

Коефіцієнт форми провару для автоматичних швів повинен бути в межах 1,3-4,0, щоб зменшити ймовірність утворення гарячих тріщин.

Відношення ширини шва до випуклості валика називається коефіцієнтом форми валика ψ_v , тобто

$$\psi_v = \frac{b}{c} \quad (3.2)$$

Для швів, виконаних автоматичним зварюванням $\psi_v = 5 \dots 8$.

Параметри режиму зварювання можуть істотно змінювати розміри елементів шва при автоматичному зварюванні.

Із збільшенням сили зварювального струму зростає ефективна потужність дуги, внаслідок чого збільшується кількість розплавленого основного й електродного металу, значно зростає глибина провару, випуклість валика, незначно зростає ширина валика, ψ_{np} і ψ_v збільшуються.

Підвищення напруги на дузі збільшує її теплову потужність. При цьому збільшується довжина дуги й площа її впливу на виріб. У результаті інтенсивно збільшується ширина шва й зменшується випуклість валика. Підвищення напруги істотного впливу на провар не робить, але приводить до помітного збільшення витрати флюсу.

Збільшення швидкості переміщення дуги до 40...50 м/год приводить до збільшення горизонтальної складової тиску дуги на розплавлений метал зварювальної ванни. Товщина шару рідкого металу під дугою зменшується, тепла дія дуги на основний метал зростає, глибина проплавлення збільшується, незважаючи на зменшення погонної енергії. При подальшому збільшенні швидкості переміщення дуги вплив зменшення погонної енергії стає переважним, глибина провару зменшується. Ширина валика й випуклість при зростанні швидкості переміщення дуги зменшуються.

Збільшення діаметра електрода викликає зменшення глибини провару й випуклості валика, а ширина валика збільшується. Коефіцієнти ψ_{np} і ψ_v із зменшенням діаметра різко зменшуються. Збільшення вольту електрода підсилює попереднє нагрівання електрода Джоулевым теплом. Це викликає зростання α_e й зменшення глибини провару.

Задана форма шва може бути забезпечена відповідним режимом автоматичного зварювання.

3.2 Типові завдання з рішеннями

Завдання 1. Розрахувати режим автоматичного зварювання під флюсом стикового з'єднання, якщо товщина листів $s=10$ мм, зварювання виконується без зазору у всячому положенні при $h=0,6s$. Струм постійний зворотної полярності; $d_{эл}=4$ мм. Флюс АН-348А

Рішення

Визначаємо силу зварювального струму (А) з рівняння

$$I_{36} = \frac{h}{k} \quad (3.3)$$

де k - коефіцієнт, що залежить від роду струму й полярності, діаметра електрода, а також марки флюсу (по даним Інституту електрозварювання ім. Е.О.Патона приймаємо 1,1 мм/100 А).

$$I_{36} = \frac{6 \cdot 100}{1,1} = 545 \text{ А}$$

Знаючи, що напруга на дузі змінюється в межах 32...40 В, приймаємо $U_e = 36 \text{ В}$.

За графіком (див. рис.) залежно від сили струму й напруги встановлюємо величину коефіцієнта форми провару $\psi_{np} = 3,3$.

Знаючи ψ_{np} визначити ширину шва

$$b = \psi_{np} \cdot h = 3,3 \cdot 6 = 19,8 \approx 20 \text{ мм.} \quad (3.4)$$

Величину випуклості розраховуємо з рівняння (3.2), якщо $\psi_e = 5...8$

$$c = \frac{b}{\psi_e} = \frac{20}{7} = 2,9 \text{ мм} \quad (3.5)$$

Визначаємо площу перерізу наплавленого металу

$$F_n = 0,75 \cdot b \cdot c = 0,75 \cdot 20 \cdot 2,9 = 43 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо коефіцієнт наплавлення за формулою $\alpha_n = 11,6 \pm 0,4$. В даному випадку

$$\alpha_n = 11,6 + 0,4 = 12 \text{ г·А/год,}$$

нехтуючи зміною коефіцієнта наплавлення за рахунок попереднього нагрівання вильоту електрода.

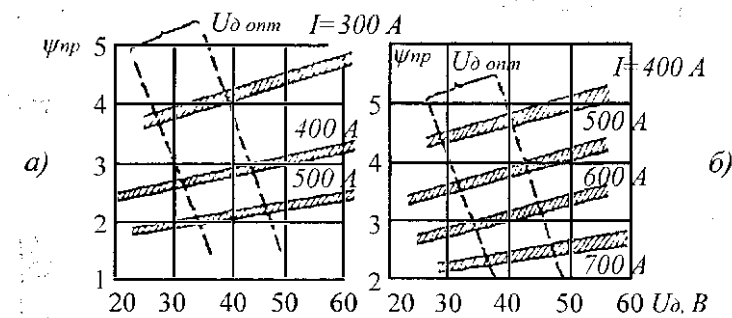
$$G_n = \alpha_n I_{36} t = 12 \cdot 545 = 6450 \text{ г/год}$$

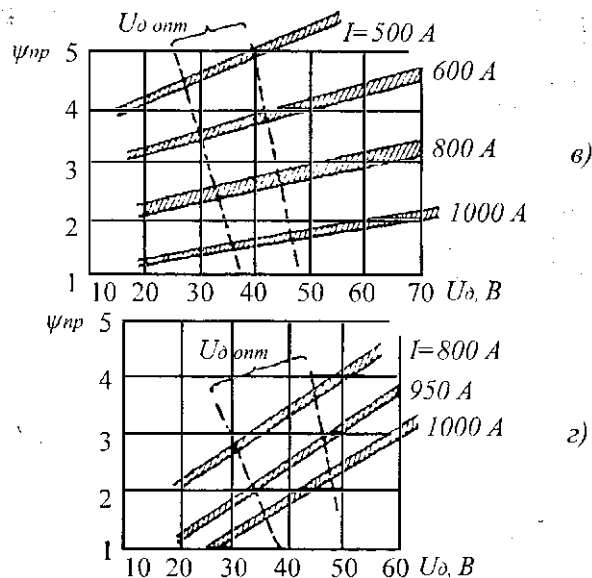
Швидкість переміщення дуги

$$v_{nd} = \frac{\alpha_n I_{36}}{F \gamma} = \frac{12 \cdot 545}{43 \cdot 7,8} = 19,5 \text{ м/год.} \quad (3.6)$$

Визначаємо швидкість подачі зварювального дроту

$$v_{nd} = \frac{4 \alpha_n I_{36}}{\pi d^2 \gamma} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 545}{3,14 \cdot 16 \cdot 7,8} = 67 \text{ м/год.}$$





a - $d=2\text{мм}$; *б* - $d=4\text{ мм}$; *в* - $d=5\text{мм}$; *г* - $d=6\text{мм}$

Рисунок 3.1 - Залежність коефіцієнта форми провару від напруги на дузі для дроту різних діаметрів.

Питому витрату флюсу розраховуємо за формулою:

$$\mu = \frac{G_{\text{фл}}}{G_n}, \quad (3.7)$$

де $G_{\text{фл}}$, - маса розплавленого флюсу, м.

3.3 Завдання для вирішення

Завдання 2. Розрахувати режим двостороннього автоматичного зварювання під шаром флюсу стикового з'єднання, якщо товщина листа $s=16\text{ мм}$, зазор у стику 3 мм , $\text{до}=1,15$.

Завдання 3. Розрахувати режим автоматичного наплавлення валика на пластину товщиною $s=12\text{ мм}$ при глибині проплавлення 8 мм , $k=1,0 \cdot 10^{-2}$.

Завдання 4. Визначити режим автоматичного зварювання під флюсом і основні розміри стикового шва з повним проваром при товщині металу $s=12\text{ мм}$, зазорі 3 мм . Струм постійний зворотної полярності, флюс АН-348А.

3.4 Порядок виконання роботи

Викладач задає студентам глибину провару, по якій вони розраховують режим зварювання, і отримані результати пред'являються викладачеві перед початком роботи.

Дослід 1. Установити вплив сили зварювального струму на форму й розміри валиків, коефіцієнт наплавлення, витрату флюсу й продуктивність.

1. Зачистити пластини, зібрати їх в стик, користуючись спеціальною струбциною й прихопити по торцях.
2. Зважити зібрані проби з точністю до 2 г.
3. Підготувати автомат до роботи.
4. Підготувати бачок з водою для охолодження проб.
5. Підібрати обчислений режим зварювання наплавленням валика на допоміжній пластині.
6. Закріпити зібрані в стик пластини на зварювальному столі, наплавити на них валик, відзначаючи $I_{зв}$, U_0 і час горіння дуги.
7. Остудити пробу у воді, потім обережно зняти шлакову кірку з валика й зважити її з точність до 1 г.
8. Зважити пробу з наплавленим валиком. Заміряти його довжину.
9. Наплавити на пробу ще два валики, збільшуючи або зменшуючи силу зварювального струму приблизно на 100 А.

Дослід 2. Установити вплив напруги дуги на форму й розміри валика, коефіцієнт наплавлення, витрату флюсу й продуктивність.

1. Підібрати режим для другої проби наплавленням валиків на допоміжну пластину. Напругу для одного валика підібрати приблизно на 5 В більшу, а для іншого - на 5 В меншу напруги дуги, при якій виконувалося наплавлення валиків першої проби.

2. Наплавити валики на пробу, виконавши п. 6-8 дослід 1.

Дослід 3. Встановити вплив швидкості переміщення дуги на форму й розміри валика, коефіцієнт наплавлення, витрату флюсу й продуктивність, для чого наплавити на третю пробу два валики, збільшивши або зменшивши швидкість зварювання приблизно на 10 м/год, користуючись залежністю показання потенціометра від швидкості зварювання.

1. Зламати на згинальному пресі всі три проби.
2. Визначити розміри валиків h, b і c на пробах і обчислити F_n, F_{np} .
3. Визначити $G_n, \alpha_n, \psi_{np}, \psi_v$ і μ по раніше зазначених формулах.

Дослід 4. Встановити вплив вологи, іржі й окалини на схильність шва до пороутворення.

1. Зібрати й прихопити таврове з'єднання в пристосуванні.
2. Засипати в «човник» іржу, окалину й вологий флюс окремими ділянками довжиною 50 мм із інтервалами 10 мм.
3. Зробити зварювання проби по всій довжині.
4. Видалити флюс і шлакову кірку, підрахувати кількість пор на кожній ділянці.

Дані всіх вимірів і результати розрахунків занести в таблицю.

Таблиця 3.1 – Результати вимірювань та розрахунків

Результати вимірів									
Вага проби, г		Вага шлакової кірки,	Режим			Розміри валика, мм			
до наплавлення	після наплавлення		Сила струму, А	Напруга, В	Час горіння дуги, с	Довжина	Ширина	Опуклість	Глибина провару
Результати розрахунків									
Коефіцієнт форми провару	Коефіцієнт форми валика	Площа, мм ²		Частка основного металу в метал	Швидкість переміщення дуги, см/с	Погонна енергія, кал/см	Вага наплавленого металу, г	Питома витрата флюсу	Коефіцієнт наплавлення, г/А·тод
		проплавлення	наплавлення						

3.5 Зміст звіту

1. Розрахунок режиму автоматичного зварювання для даної лабораторної роботи.
2. Методика постановки дослідів і приклади розрахунків.
3. Таблиці записів і результатів розрахунку.
4. Графіки залежності ширини валика b , випуклості c , глибини проплавлення h , частки основного металу в металі шва γ , питомої витрати флюсу μ від сили зварювального струму й напруги дуги.
5. Висновки й пояснення отриманих результатів.
6. Відповіді на контрольні запитання

Контрольні питання

1. Які величини становлять режим автоматичного зварювання під флюсом, і як впливає на розміри валика сила зварювального струму?
2. Чому із збільшенням напруги на дузі збільшується ширина валика й зменшується випуклість?
3. Як впливають на розміри валика швидкість переміщення дуги й діаметр зварювального дроту?
4. Чому зі зміною напруги на дузі змінюється витрата флюсу?

5. З яких матеріалів складається шихта флюсів марок ОСЦ-45 і АН-348А?

6. Що викликає появу пор у металі шва?

Лабораторна робота №4

ВПЛИВ РЕЖИМІВ РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ Й ПОГОННОЇ ЕНЕРГІЇ НА ЧАСТКУ ОСНОВНОГО МЕТАЛУ У ШВІ

Мета роботи:

Вивчити вплив режиму ручного зварювання, погонної енергії q_n на частку основного металу в металі шва на його розміри.

Необхідні матеріали

1. Пластина з маловуглецевої сталі (100x100x10 мм).
2. Електроди типу Э-42; Э-46Т; Э-42 або інші (за вказівкою викладача).

Устаткування, пристосування, інструмент

1. Зварювальний пост постійного струму з електровимірювальними приладами.
2. Секундомір.
3. Спеціальні настільні переносні лещата.
4. Струбцина спеціальна.
5. Ручний прес для зламу проб.
6. Чертилка.
7. Лінійка.
8. Штангенциркуль.

4.1. Залежність складу шва від погонної енергії при ручному дуговому зварюванні

Незалежно від типу й способу виконання шов складається з певної частки основного й електродного металу.

Розглянемо питання про вплив режиму ручного дугового зварювання на частку основного металу в металі шва й на його розміри. Режими ручного дугового зварювання - це сила зварювального струму, напруга на дузі, діаметр електрода, швидкість переміщення дуги, кут нахилу електрода тощо.

Сила зварювального струму може бути визначена за наступною формулою

$$I_{зв} = k \cdot d_{ел}, \quad (4.1)$$

де $d_{ел}$ - діаметр стержня електрода, мм;

k - коефіцієнт, прийнятий для електродів $d = 3...4$ мм рівним $30...45$ А/мм².

Збільшення сили зварювального струму приводить до збільшення ефективної теплової потужності дуги Q_{ef} , внаслідок чого збільшуються глибина проплавлення, випуклість, ширина валика й швидкість плавлення електрода. У результаті цього частка основного металу в металі шва підвищується.

Для визначення частки основного металу в металі шва (а в цьому випадку наплавленого валика) потрібно знати площу перерізу наплавленого валика F (мм²), що визначається за формулою

$$F_n = 0,75bc, \quad (4.2)$$

і площа перерізу проплавленого металу, що з деякою похибкою може бути визначена за формулою

$$F_{np} = 0,75bh, \quad (4.3)$$

Тоді

$$\gamma = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_n}, \quad (4.4)$$

Підвищення напруги на дузі приводить до зменшення глибини провару, тому що збільшуються втрати тепла на випромінювання, вигорання і розбризкування. Внаслідок збільшення довжини дуги збільшується площа нагрівання виробу, тобто збільшується ширина валика, а отже зменшується його випуклість, тому що на величину коефіцієнтів α_e й α_n напруга впливає незначно. Частка основного ж металу в металі шва при ручному електродуговому зварюванні зі збільшенням напруги практично не змінюється.

Збільшення діаметра електрода (при силі зварювального струму тієї ж величини) приводить до зменшення густини зварювального струму, зниженню температури дуги, що спричиняє зменшенню глибини провару, збільшенню ширини валика й зменшенню частки основного металу в металі шва.

Погонна енергія - це відношення ефективної теплової потужності дуги, що витрачається на нагрівання виробу, до швидкості переміщення дуги, і визначає кількість тепла, підведеного дугою в 1 см однопровідного шва або валика, тобто

$$q_n = \frac{Q_{ef}}{U_o} = \frac{0,24 \cdot I_{зв} \cdot U_o \cdot \eta \cdot F}{U_o} \approx 155F, \quad (4.5)$$

де F - площа перерізу шва або валика, мм².

Отже, збільшення енергії приводить до збільшення площі перерізу шва, тобто до зміни частки основного металу в металі шва й форми валика. Швидкість переміщення дуги при однопровідному зварюванні дорівнює швидкості зварювання.

4.2 Типові завдання з вирішеннями

Завдання 1. Визначити енергію q_n , якщо відомо, що переріз валика дорівнює $P = 70 \text{ мм}^2$.

Рішення

З формули (5)

$$q_n = 155 \cdot 70 = 10850 \text{ кал/см.}$$

Відповідь. $q_n = 10850 \text{ кал/см}$

Завдання 2. Визначити режими й вагу електродів при зварюванні в стик пластин товщиною 8 мм і довжиною 10 м. Зварювання виконується електродами УОНИ-13/45 діаметром 4 мм. Площа поперечного перерізу шва 12 мм^2 .

Рішення

Сила зварювального струму

$$I_{зв} = k \cdot d_{ел} = 40 \cdot 4 = 160 \text{ А.}$$

Швидкість зварювання визначається за формулою

$$v_{зв} = \frac{\alpha_n I_{зв}}{\gamma \cdot F_n}, \quad (4.6)$$

Отже,

$$v_{зв} = \frac{8 \cdot 180}{7,8 \cdot 12} = 13,6 \text{ м/год.} \quad (4.7)$$

де α_n - беремо за даними паспорта на цю марку електрода.

Вага 1 м наплавленого металу при площі перетину шва (мм^2) чисельно дорівнює об'єму 1 м шва (см^3) тобто

$$G_{н1м} = \gamma \cdot V = 7,8 \cdot 12 = 93,6 \text{ г}$$

Вага 10 м шва

$$G_n = G_{н1м} \cdot l = 93,6 \cdot 10 = 936 \text{ г} = 0,936 \text{ кг.}$$

Вага електродів для зварювання розраховується за формулою

$$g_{ел} = G_n \cdot (1,6 \dots 1,8)$$

$$g_{ел} = 0,936 \cdot 1,7 = 1,59$$

Відповідь

$$v_{зв} = 13,6 \text{ м/год; } G_n = 0,936 \text{ кг; } g_{ел} = 1,59 \text{ кг.}$$

4.3 Завдання для рішення

Завдання 3. Визначити переріз валика, якщо $q_n = 12000 \text{ кал/см.}$

Завдання 4. Визначити ефективну теплову потужність дуги, якщо швидкість зварювання $v_{зв} = 9$ м/год і переріз валика $F_n = 68$ мм².

Завдання 5. Визначити погонну енергію, при якій виконувалося наплавлення валика на пластину при $I_{зв} = 250$ А, $U_d = 25$ В, $v_{зв} = 18$ м/год, $\eta = 0,8$.

Завдання 6. Визначити режим зварювання й обчислити вагу електродів, необхідних для наплавлення валика площею поперечного перерізу 42 мм², довжиною 8 м, якщо відомо, що зварювання виконувалося електродами УОНИ-13/45 діаметром 5 мм.

Завдання 7. Визначити силу зварювального струму й швидкість переміщення дуги, якщо відомо, що зварювання виконувалося електродами ЦТ-15 діаметром 4 мм і площа поперечного перерізу валика 40 мм².

4.4 Порядок виконання роботи

Дослід 1. Вивчити вплив типу електрода на форму шва.

1. Зачистити пластини.
2. Прихопити їх по торцях, користуючись спеціальною струбциною.
3. Виправити пластини.
4. Розмітити на пробі крейдою положення валиків.
5. Підібрати силу струму 140 - 150 А при діаметрі електрода 4 мм.
6. Наплавити валики перпендикулярно до стику електродами різних марок при даному режимі, відзначаючи силу струму, напругу на дузі й час її горіння. Наплавлення кожного валика робити тільки на охолоджену пробу, для чого після наплавлення валика проба охолоджується у воді до кімнатної температури. Відхилення сили струму допускається в межах 10%.
7. Замаркувати кожний валик.
8. Виміряти довжину кожного валика.
9. Зробити злам проби на пресі (див. рис. 4.1), попередньо остудивши її до кімнатної температури.
10. Половину проби (зразка) закріпити в лещата, і користуючись лінійкою й чертилкою, провести лінію розділу наплавленого й проплавленого металів.
11. Розміри валиків (h , b , c) на зразках виміряти штангенциркулем.
12. Розрахувати $F_{пр}$, F_n , γ , $v_{зв}$, q_n по відповідних формулах.

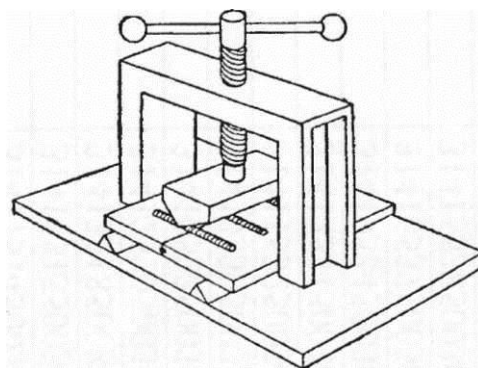


Рисунок 4.1 - Прес для зламу проб

Дослід 2. Вивчити вплив сили зварювального струму на форму й розміри шва.

1. Повторити п. 1-4 дослід 1.

2. При силі зварювального струму 190 і 220 А на пробі наплавити два валики перпендикулярно до стику електродами типу Э 46-Т (дані при силі струму 150 А взяти з дослід 1), керуючись п. 6 і повторивши п. 7-12 дослід 1.

Дослід 3. Вивчити вплив напруги на дузі на форму шва, розбризкування й вигорання, для чого електродами марки УОНИ-13/45 виконати наплавлення трьох валиків при силі зварювального струму 200 - 220 А, змінюючи напругу від 24 до 36 В (за рахунок довжини дуги). Коефіцієнт втрат ψ розрахувати по даним α_e й α_n дослід 2 роботи 4.

Дані всіх вимірів і результати розрахунків занести в таблицю.

Марка електродів	Результати замірів							Результати розрахунків					
	Режим			Розміри валика, мм				Площа, мм ²		Частка основного металу в металі наплавки	Швидкість зварювання, см/с	Погонна енергія, кал/см	Коефіцієнт втрат, %
	Сила струму, А	Напруга, В	Час горіння дуги, с	Довжина	Ширина	Випуклість	Глибина провару	Проплавлення	Наплавлення				

4.5 Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Методику постановки дослідів, приклади розрахунків.
2. Таблицю записів і результатів розрахунків.
3. Графіки залежності розмірів шва від марки електродів, сили зварювального струму й напруги.
4. Висновки й пояснення отриманих результатів.
5. Відповіді на контрольні питання

Контрольні питання

1. Що характеризує погонна енергія й її аналітичний вираз?
2. Яка існує залежність між погонною енергією й перерізом валика? Вивести її для випадку наплавлення електродом УОНИ-13/45.
3. Як визначається частка основного металу в металі шва?
4. Вплив погонної енергії, сили зварювального струму, напруги на дузі, діаметра електрода на частку основного металу в металі шва при ручному зварюванні.
5. Як визначається швидкість переміщення дуги при відсутності спеціальних фіксуєчих приладів?

Література

1. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением.-Л.: Машиностроение, 1974.- 184 с.
2. Сварка в самолетостроении/ В.А. Саликов, М.Н. Шушпанів, А.Б. Коломенский, В.В. Пешков, В.А. Фролов.- Воронеж: ВГТУ, 2001.- 432 с.

Лабораторна робота №5

ТЕХНОЛОГІЯ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ АЛЮМІНІЮ Й АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

Мета роботи:

одержати практичні навички розробки технології дугового зварювання алюмінію й сплавів на його основі. Вивчити вплив способу підготовки кромки, що зварюються, на якість зварних з'єднань.

5.1. Характеристика алюмінію та його сплавів

Алюміній - хімічний елемент третьої групи періодичної системи елементів Д.І. Менделєєва (порядковий номер 13, атомна вага 26,9815). Елементарна кристалічна решітка алюмінію - куб із центрованими гранями.

Залежно від вмісту домішок алюміній поділяють: на технічний (від 99,85 до 99,0% А1), високої (від 99,95 до 99,995% А1) і особливої чистоти (не менш 99,999% А1).

Температура плавлення алюмінію високої чистоти (99,996%) 660°C, технічного алюмінію (99,5%) - 658°C. Прихована теплота плавлення алюмінію 408,37 Дж/г. Температура кипіння 2270...2500°C, прихована теплота випаровування алюмінію 8816...9644 Дж/м. Питома теплоємність 0,904 Дж/г·град. Густина відпаленого алюмінію (99,40...99,75 % А1) при 20°C 2,703...2,706 г/см³. Межа міцності відпаленого технічного алюмінію 80... 110 МПа, нагартованого - 150...250 МПа. Границя текучості 50...80 МПа й 120...240 МПа відповідно. Відносне подовження відпаленого алюмінію 32 - 40%, нагартованого - 4...8%. Модуль пружності при нормальній температурі (6,65...7,30)·10⁴ МПа.

Алюміній має більшу спорідненість до кисню й відновлює більшість металів з їх оксидів. На повітрі алюміній покривається оксидною плівкою, що захищає його від подальшого окислювання й взаємодії з навколишнім середовищем. Наявність цієї плівки забезпечує порівняно високу корозійну стійкість алюмінію в ряді середовищ: у вологій атмосфері, у концентрований азотній кислоті, у багатьох органічних кислотах. Однак будь-яке порушення цілісності оксидної плівки викликає появу осередків корозії. Алюміній розчиняється при нагріванні в лугах, у розведених азотній та сірчаных кислотах.

Застосування чистого алюмінію для виготовлення зварних конструкцій обмежено внаслідок його низької міцності. В окремих випадках його використовують у хімічному машинобудуванні, у виробках для харчової, електротехнічної промисловості. Для зварних конструкцій використовують різні напівфабрикати з алюмінієвих сплавів (аркуші, смуги, плити, труби, прокат різних профілів).

Для виготовлення зварних конструкцій розроблені зварювальні сплави: АД, АД1, АМц, АМг, АМгЗ, АМг5В, АМг6, АВ, АД31, АД33, АД35, М40, Д20, ВАД1, АЦМ, В92Ц.

Мала густина при порівняно високій міцності, гарна оброблюваність різальним інструментом, висока корозійна стійкість сприяє його широкому застосуванню в авіа- і суднобудуванні, виробництві хімічної апаратури, будівництві й ін. галузях.

5.2 Способи дугового зварювання алюмінію і його сплавів

Для виготовлення зварних конструкцій використовують всі відомі способи механізованого й ручного дугового зварювання: з використанням флюсів - механізоване зварювання по флюсу, під флюсом, ручне дугове зварювання покритим металевим електродом; у захисних газах - електродом що не плавиться й плавиться, зварювання вільною й стиснутою дугою.

При виборі способу зварювання враховують вимоги до зварних з'єднань, до зовнішнього вигляду зварного шва, припустимі деформації, продуктивність, універсальність способу, умови виконання зварювальних робіт.

Вибір способу зварювання в багатьох випадках залежить від товщини металу й типу з'єднання. Стикові з'єднання товщиною до 3 мм переважно зварюють електродом, що не плавиться, в аргоні. Однопрохідне двостороннє зварювання електродом, що плавиться, в аргоні застосовують при товщині до 16 мм; у суміші аргону й гелію - до 25 мм; по й під флюсом - до 28 мм. Максимальна товщина аркушів, що зварюються за один прохід однофазною дугою з електродом, що не плавиться, 8...10 мм, трифазною дугою - 20...30 мм. Найменша товщина стикових з'єднань при використанні малоамперної стиснутої дуги (мікроплазмове зварювання) дозволяє зварювати метал товщиною 0,2 мм.

Для таврових, кутових і нахлестових з'єднань доцільно використовувати зварювання електродом, що плавиться. Зварювання електродом, що не плавиться, для цих з'єднань раціонально застосовувати при товщині не більше 2...4 мм.

Ручне дугове зварювання покритим металевим електродом раціонально використовувати при разовому виробництві окремих вузлів, виробів або невеликих партій, коли недоцільно використовувати спеціальне устаткування.

РДЗ електродом, що не плавиться, в аргоні доцільно для виконання невеликого обсягу зварювальних робіт при ремонті, виправленні дефектів,

при виконанні коротких швів складної конфігурації, при необхідності виконання швів у стельовому й вертикальному положеннях.

5.3. Технологія дугового зварювання в аргоні електродом, що не плавиться

Зварювальний дріт. Для одержання зварних швів заданих геометричних розмірів і необхідних властивостей при зварюванні електродом, що не плавиться, у більшості випадків використовують як присадочний матеріал зварювальний дріт за ГОСТ 7871-75 «Дріт зварювальний з алюмінію й алюмінієвих сплавів».

Перед зварюванням з поверхні зварювального дроту необхідно видалити консерваційне мащення. Знежирюють дріт бензином, уайт-спіритом і органічними розчинниками. Для видалення оксидної плівки необхідна хімічна обробка. Найпоширеніша наступна технологія хімічної обробки:

- травлення в 5%-вому розчині каустичної соди NaOH при температурі 60...65°C в межах 2...3 хвилин;
- промивання в гарячій (45...50°C) воді, потім у холодній проточній воді;
- освітлення в 15...30%-вому розчині азотної кислоти HNO₃ при температурі 60...65°C в межах 2...3 хвилин;
- промивання в гарячій (45...50°C) воді, потім у холодній проточній воді;
- сушіння при температурі 60...70°C до повного видалення вологи.

Оброблений дріт зберігають у герметичній тарі. Строк зберігання його не повинен перевищувати встановленого (як правило, не більше 12 годин). Доцільніше обробляти кількість дроту в межах обсягу виконуваної роботи або змінної потреби. Оброблений дріт щоб уникнути забруднень поверхні дозволено брати тільки в чистих рукавичках або рукавицях.

Підготовка до зварювання. Кромки заготовок, що зварюються, деталей повинні бути оброблені механічним способом (фрезеруванням, обробкою на токарних верстатах). В окремих випадках допустимо одержувати заготовки різанням механічними ножицями, штампуванням без наступної обробки кромки, що зварюються, різальним інструментом. Форма й геометричні параметри кромки, що зварюються, повинні відповідати:

ГОСТ 14806-80 - Дугове зварювання алюмінію й алюмінієвих сплавів в інертних газах. З'єднання зварні. Основні типи, конструктивні елементи й розміри;

ГОСТ 27580-88 - Дугове зварювання алюмінію й алюмінієвих сплавів в інертних газах. З'єднання зварні під гострими й тупими кутами. Основні типи, конструктивні елементи й розміри.

Заготовки перед зварюванням необхідно знежирити й хімічним способом видалити оксидну плівку (по наведеній вище технології). Малогабаритні заготовки обробляють повністю. Поверхню великогабаритних заготовок повністю знежирюють. Оксидну плівку допускається видаляти хімічною обробкою тільки на ділянці шириною не менш 100 мм від кромки,

що зварюються, по обидва боки. Якщо неможливо обробити поверхні цих заготовок хімічним способом, то в окремих випадках після обов'язкової експериментальної перевірки допускається зачищення сталевими дротовими щітками з попереднім і наступним протиранням зачищених ділянок поверхні спиртом або ацетоном. Щітки повинні бути виготовлені із дроту діаметром не більше 0,2 мм. У процесі роботи їх необхідно періодично промивати в розчиннику.

Складання деталей перед зварюванням. Складання для зварювання виконують у складально-зварювальних пристосуваннях. Найбільш раціональні пристосування із затискачами клавійного типу. Пристосування повинно бути укомплектоване змінною підкладкою (з формуючою канавкою) з аустенітної сталі або міді.

Безпосередньо перед установкою заготовок у пристосування торці кромek, що зварюються, необхідно прошабрити; підкладку протерти спиртом або ацетоном. Підтискання кромek, що зварюються, до підкладки допустимо із зазором не більше 0,5 мм. Допустимий зсув кромek не більше 0,5 мм.

Режими зварювання й техніка виконання. Параметри режиму зварювання вибирають залежно від марки й товщини металу, що зварюється, типу зварного з'єднання. Орієнтовні режими ручного й механізованого зварювання (табл. 6,7) наведені в довідковій літературі. Літературні дані вимагають експериментальної перевірки й корегування. При ручному дуговому зварюванні для попередження попадання вольфраму в метал шва зварювальну дугу запалюють на технологічній планці з того ж металу або графіту (що зварюється). Відстань між поверхнею пластини й електродом встановлюють 1,5...2 мм. (При відсутності осцилятора зварювальну дугу запалюють торканням електрода поверхні пластини). Захисний газ для продувки магістралі подають за 10...15 с до запалювання дуги. Після запалювання дуги й розігріву торця електрода її переносять (не перериваючи горіння дуги) на зварювану деталь. Кут нахилу електрода до виробу встановлюють рівним 60...80°. Кут між вольфрамовим електродом і присадочним дротом 80...90°. Відстань між нижнім зрізом сопла й поверхнею повинна бути мінімальною (5...10 мм), але достатньою для спостереження за дугою й формуванням зварного шва. Довжина виступаючої із сопла частини електрода звичайно дорівнює 2...5 мм при зварюванні стикових з'єднань і до 8 мм при зварюванні кутових, таврових з'єднань. Зварювання виконують при мінімальній довжині дуги (1...5 мм).

Переміщення електрода й присадного дроту повинно бути рівномірним. Нагрітий кінець присадного дроту не повинен перебувати за межами газового захисту. Поперечні коливання присадки й вольфрамового електрода неприпустимі. Як правило, ручне дугове зварювання виконують «лівим» способом.

Для зменшення внутрішніх зусиль і деформацій вузлів, що зварюються, виробів з алюмінію і його сплавів при РДЗ електродом, що не плавиться, із присадкою й без неї в аргоні використовують ті ж технологічні прийоми, що й при РДЗ покритими металевими електродами сталей і сплавів: зварювання

від середини до країв; оберненоступінчатий спосіб; зварювання "каскадом", "гіркою" тощо.

При механізованому зварюванні зварник-оператор після установки заготовок у складально-зварювальному пристосуванні перевіряє правильність складання (зазори, зсув кромek), напрямok осі електрода уздовж кромek, що зварюються, відстань між торцем електрода й поверхнею заготовок, готовність до роботи апарата. Установивши апарат у початкове (вихідне) положення, оператор запускає його. Як правило, у зварювальному апараті після натискання кнопки "Пуск" передбачені продувка магістралі захисного газу 15...20 с; автоматичне включення осцилятора й відключення його після порушення дуги; пуск механізмів переміщення дуги й подачі присадочного дроту після заданої витримки часу або при досягненні заданого значення зварювального струму. У процесі зварювання оператор контролює параметри режиму зварювання й положення зварювальної дуги щодо кромek, що зварюються. Для закінчення зварювання використовується кнопка "Стоп". При цьому припиняється переміщення апарата й подача присадочного дроту. Зварювальний струм плавно знижується до обриву дуги. Подача захисного газу триває 25...30 с. після обриву дуги для захисту нагрітого металу й вольфрамового електрода.

При багатопротічному зварюванні, при перекритті (замиканні) швів або їхніх ділянок, при механізованому й ручному дуговому зварюванні необхідне ретельне зачищення від окисної плівки поверхні раніше виконаних швів або їх ділянок перед виконанням наступних (зачищення дротовими щітками з наступним протиранням спиртом або ацетоном).

5.4. Порядок виконання роботи

Підготовка до роботи. Планом проведення роботи передбачена самостійна підготовка кожного студента. У процесі підготовки студент вивчає спеціальну літературу й відповідно до програми дисципліни "Зварювання плавленням". Безпосередньо перед роботою необхідно вивчити матеріали даних методичних вказівок. При цьому звернути особливу увагу на властивості алюмінієвих деформованих сплавів, що зварюються, труднощі при їх зварюванні й комплекс заходів, що забезпечує одержання працездатних зварних з'єднань.

Виконання експериментальної частини роботи

Необхідні матеріали й устаткування:

- зразки (пластини 75x100x1,5...5,0 мм) з алюмінієвого сплаву АД1 (АМц, АМг6) - 6 шт.;
- зварювальний дріт Св А5 (Св АМц, Св АМг6) діаметром 3,0 (4,0) мм довжиною 700 (450) мм;
- аргон вищого або першого (за ГОСТ 10157-79) сорту - 90 л;
- електрод вольфрамовий 3,0 (4,0) мм - 1 шт. (на групу);
- ацетон, набір хімікатів для хімічної обробки зразків (розчини NaOH і HNO₃) по 1,0...1,5 л (на групу);

- установка (УДГ-501) для РДЗ електродом, що не плавиться, в аргоні або для механізованого зварювання стиснутою дугою (на базі УПС) зі складально-зварювальним пристосуванням клавішного типу;
- машина розривна для випробування зразків на статичний розтяг (зусилля не менш 10 кН);
- електроплитка й набір ванночок та інструмента для хімічної обробки зразків;
- інструменти для механічного зачищення й обробки зразків (металева щітка, шабер, пилики, ножівка);
- вимірювальний інструмент (штангенциркуль, металева лінійка, УШС-3), лупа $4 \dots 10^{\times}$.

Розробка технології зварювання. Завданням на експериментальну частину роботи передбачена розробка технології зварювання стикового з'єднання заданої товщини з алюмінієвого сплаву відомої марки. Пропонувану технологію оформити у вигляді переліку послідовно виконуваних операцій і переходів з необхідного встаткування, пристосувань, інструмента, параметрів режиму й контрольованих геометричних розмірів.

Приклад запису операцій:

015 Складання

Складально-зварювальне пристосування клавішного типу установки УПС. Універсальний шаблон зварювальника УШС-3.

1. Встановити пластину по центрі формуючої канавки, закріпити горизонтальним рядом клавіш.

2. Установити другу пластину без зазору з першої й закріпити вертикальним рядом клавіш.

3. Контролювати: зсув кромки - не допускається; зазор між кромками - не більше 0,5 мм; зазор між пластинами й підкладкою - не більше 0,5 мм.

Зварювання контрольних стикових з'єднань. Після перевірки викладачем розробленої технології слід виконати зварювання трьох контрольних стикових з'єднань:

- з'єднання 1-го зразку після хімічної обробки пластин (за розробленою технологією);
- з'єднання 2-го зразку без зачищення їх поверхні й торців кромки, що зварюються;
- з'єднання 3-го зразку з поверхнею, зачищеною металевою щіткою.

При виконанні всіх операцій необхідно строго дотримуватися вимог правил техніки безпеки.

Перед зварюванням кожного контрольного з'єднання на окремому зразку перевірити й при необхідності скорегувати параметри режиму зварювання (і техніку виконання РДЗ).

Механічні випробування з'єднань. Для визначення міцності металу шва контрольних стикових з'єднань необхідно виготовити по три плоских зразка типу ХХІ за ГОСТ 6996-66. При розмітці контрольних з'єднань довжина невикористаної ділянки на початку шва повинна бути не менш 15 мм,

наприкінці шва - 20 мм. Різання контрольних з'єднань виконувати на ножицях або ножівкою з наступною обробкою кромek пиликами. Ризки після обробки повинні бути уздовж кромek. Підсилення зварного шва необхідно зняти пиликом врівень з основним металом. Напрямek ризок після обробки - перпендикулярний до осі шва.

Кожний виготовлений зразок повинен бути маркований; робочий переріз виміряний з точністю до 0,1 мм.

Результати випробувань оформити таблицею, у якій повинні бути зазначені: номер зразка; геометричні параметри робочого перерізу; розрахована площа поперечного перерізу; зусилля руйнування; розраховані напруги (міцність металу шва). Для кожної серії зразків необхідно визначити середнє значення міцності металу шва й по їхній величині зробити висновок про вплив способу підготовки кромek на міцність металу шва.

Поверхні зламів кожного зразка необхідно вивчити. При цьому відзначити дефекти, характер зламу. Установити характерні дефекти для кожної серії зразків. На підставі механічних випробувань і аналізу поверхні зламу зразків зробити загальний висновок про вплив способу підготовки кромek на якість зварних з'єднань.

Оформлення результатів роботи. Кожний студент оформляє звіт за результатами роботи. У звіті повинні бути наведені:

1. назва й мета роботи;
2. характеристика сплаву, що зварюється, (хім. склад, механічні властивості, відомості про зварюваність);
3. технологія зварювання;
4. результати механічних випробувань зразків на статичне розтягнення;
5. результати вивчення поверхні зламу зразків; висновок про вплив способу підготовки кромek на якість зварних з'єднань;
6. відповіді на контрольні запитання

Контрольні питання

1. Основні властивості алюмінію і його сплавів.
2. Класифікація деформованих алюмінієвих сплавів.
3. Причини появи й заходи щодо попередження пористості зварних конструкцій.
4. Властивості оксидної плівки. Дефекти зварних з'єднань, викликані наявністю її на поверхні деталей і присадного матеріалу.
5. Способи очищення поверхні деталей і присадного (електродного) металу від оксидної плівки.
6. Причини виникнення й заходи щодо попередження гарячих тріщин при зварюванні алюмінієвих сплавів.
7. Причини зменшення міцності металу при зварюванні.
8. Основні способи дугового зварювання алюмінію і його сплавів. Їх недоліки й переваги, області раціонального застосування.
9. Основні етапи розробки технології зварювання:
 - способи підготовки деталей, що зварюються, складання;

- вибір марки зварювального дроту й підготовка її для зварювання;
- вибір режимів зварювання й техніки її виконання.

10. Порядок виконання експериментальної частини роботи.

Література

1. Киселев С.Н. Газоэлектрическая сварка алюминиевых сплавов.-М.: Машиностроение, 1972. - 176 с.
2. Никифоров Г.Д. Металлургия сварки плавлением алюминиевых сплавов - М.: Машиностроение, 1972. - 264 с.
3. Рабкин Д.М., Игнатьев В.Г., Довбищенко И.В., Дуговая сварка алюминия и его сплавов. М.: Машиностроение, 1982. - 95 с.

Лабораторна робота №6 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ

Мета роботи:

Ознайомитися з технологією газового зварювання, вивчити способи газового зварювання та особливості зварювання сталей та чавунів різних марок.

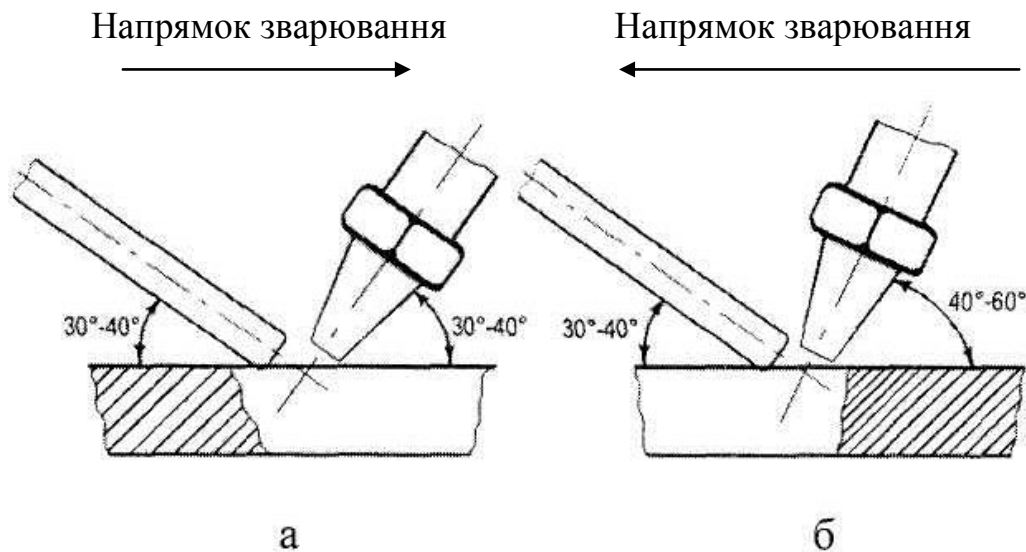
6.1 Способи ручного газового зварювання

При ручному зварюванні зварювальник тримає в правій руці пальник, а в лівій - присадний дріт. Полум'я пальника направляється на метал так, щоб кромки знаходилися у відновній зоні полум'я на відстані 2-6 мм від кінця ядра. Швидкість нагрівання регулюється, змінною кута нахилу мундштука до поверхні зварюваного металу. Чим більший цей кут, тим швидше нагрівається метал і глибше його проплавлення (провар). Розрізняють ліве і праве зварювання (рис. 6.1).

При *лівому зварюванні* пальник переміщують справа наліво, а присадний дріт пересувають попереду полум'я, яке направляють на ще не зварений куточок шва (рис. 6.1 б). Цей спосіб застосовують при зварюванні тонких деталей, а також деталей з легкоплавких металів. Потужність полум'я при лівому зварюванні беруть від 100 до 130 дм³ ацетилену за годину на 1 мм товщини металу.

При *правому зварюванні* пальник ведуть зліва направо (рис 6.1 а), а присадний дріт переміщують услід за пальником. Полум'я направляють на кінець дроту і вже зварену ділянку шва. Кінець дроту тримають зануреним в зварювальну ванну і спіралеподібними рухами перемішують ним рідкий метал.

Праве зварювання доцільно застосовувати при товщині металу понад 3 мм, при зварюванні з обробкою кромки і при зварюванні металів з високою теплопровідністю. Потужність полум'я при правому зварюванні складає 120 - 150 дм³ ацетилену за годину на 1 мм товщини сталі.



а - правий; *б* - лівий.

Рисунок 6.1 - Способи газового зварювання.

Діаметр присадного дроту при газовому зварюванні d , мм, приймають:

- при правому зварюванні - $d = S/2$;
- при лівому зварюванні - $d = S/2 + 1$,

де S - товщина зварюваного металу в мм.

Залежно від товщини металу, що зварюється, використовують різні кути нахилу пальника (рис. 6.2)

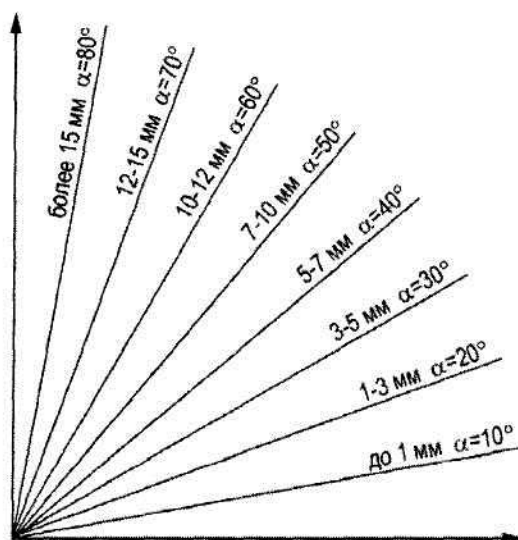
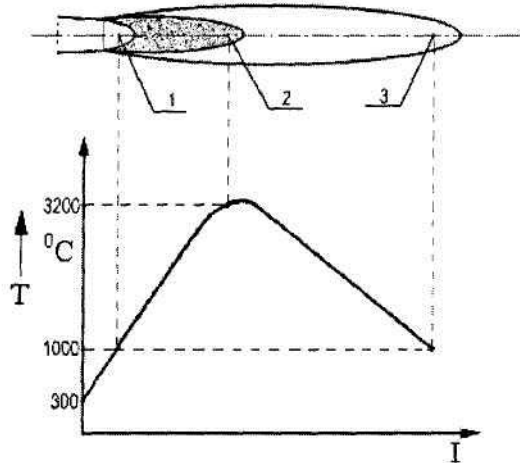


Рисунок 6.2 - Залежність кута нахилу пальника від товщини зварюваного матеріалу

Газозварювальне полум'я складається з трьох зон (рис. 6.3).

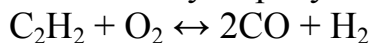


1- ядро; 2 - робоча зона; 3- факел.

Рисунок 6.3 – Газозварювальне полум'я.

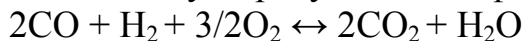
Перша зона (1) - ядро полум'я, де відбувається поступовий нагрів до температури займання газової суміші.

Друга зона (2) - середня або робоча. У цій зоні протікає перша стадія горіння ацетилену за рахунок кисню.



Зона має найвищу температуру, володіє відновними властивостями і називається зварювальною або робочою.

Третя зона (3) - утворює факел полум'я. У цій зоні протікає друга стадія горіння ацетилену за рахунок атмосферного кисню.



В результаті утворюється пари води і вуглекислий газ, а зона називається окислювальною.

Залежно від співвідношення кисню і ацетилену в суміші можна отримати три основні види зварювального полум'я:

- нормальне (відновне), співвідношення $\text{O}_2/\text{C}_2\text{H}_2 \approx 1$. Цим полум'ям зварюють більшість сталей.
- окислювальне, співвідношення газів $\text{O}_2/\text{C}_2\text{H}_2 > 1$. Таке полум'я володіє окислювальними властивостями і може бути використане тільки при зварюванні латуні.
- науглецьовуюче, співвідношення $\text{O}_2/\text{C}_2\text{H}_2 < 1$. Полум'я застосовується для зварювання чавуну, оскільки в цьому випадку компенсується вигорання вуглецю.

6.2. Газы, що застосовуються при газовому зварюванні

Газове зварювання передбачає застосування горючих газів, як джерел теплоти. Найчастіше для зварювання використовується ацетилен. Потім слідує його замітники - пропан, бутан, метан та їх суміші. Досить широко застосовується кисень і, звичайно, рідкі горючі матеріали — бензин і гас.

Ацетилен - це єдиний газ, горіння якого можливе за відсутності кисню (або окислювача взагалі). Для роботи ацетилен використовується в двох видах — в розчиненому (у балонах) або в газоподібному (з ацетиленових генераторів). Розчинений ацетилен — це газоподібний ацетилен, розчинений в ацетоні. Переваги цього стану ацетилену в тому, що при його використанні підвищується безпека проведення робіт, надійніше працює весь газозварювальний (газорізальний) комплекс. Основна сировина для отримання ацетилену - карбід кальцію. В результаті гідролізу карбіду кальцію з водою з одного кілограма карбіду можна отримати до 230...250 дм³ ацетилену. Кількість води, необхідна для розкладання 1 кг карбіду кальцію коливається (залежно від грануляції) від 5 до 20 дм³.

Застосування ацетилену обмежується тільки зважаючи на його дефіцитність.

Успішно замінити його можуть замінники ацетилену — гази, які поступаються ацетилену за теплотворенням. Як замінники можуть виступити бензин, гас та їх суміші. Поговоримо про них детальніше.

Замінники ацетилену. Для зручності класифікації замінників поділимо їх на дві групи — *стиснені* і *зріджені*.

До газів, що стискаються, відносять метан, природний газ, нафтовий, коксовий і міський гази.

Зріджені гази — це бутан, пропан і їх суміші. Для споживачів ці гази надходять із станцій наповнення в балонах, які можуть використовуватися для індивідуальних робочих місць.

Кисень, як горючий газ, може бути використаний тільки в чистому вигляді. Причому для обробки поверхонь достатньо 92... 98% чистоти, а для різання металу - не менше 99,5%. Споживачам кисень поставляється в балонах в стиснутому стані. Робота з киснем вимагає особливої обережності. Не дозволяється контакт цього газу з такими речовинами як жири, масло. При контакті кисню з жиром або маслом, навіть в малій кількості, утворюється вибухова суміш. Вся киснева апаратура повинна бути знежирена, все замаслене ганчір'я повинно бути видалене з робочого місця, робочий одяг теж не повинен мати масляних плям.

Рідке паливо. Під цим терміном мається на увазі суміш гасу з бензином в пропорції 1:1. Як бензин, так і гас перед застосуванням треба обов'язково профільтрувати. Не слід застосовувати тракторний гас, оскільки він містить в собі достатньо багато смолянистих речовин. До індивідуального споживача рідке паливо надходить в бачках під тиском 0,3 МПа.

Основні властивості горючих газів дані в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Застосування горючих газів при зварюванні

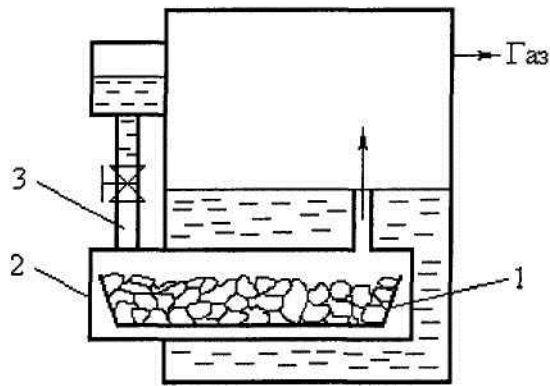
Найменування	Температура полум'я суміші з киснем °С	Кількість кисню (м3), що подається у пальник або різак, на 1 м3 пального	Область застосування
1	2	3	4
Ацетилен	3100-3200	0,8-1,3	Всі види газополуменової обробки
Пропан-бутанові суміші	2500-2700	3,4-4,2	Кисневе різання правка і згинання сталі паяння мідних сплавів, зварювання невідповідальних з'єднань з низьковуглецевою сталлю завтовшки до 5 мм, напилення цинку алюмінію і інших легкоплавких матеріалів
Природний газ	2000-2200	1,6-1,8	Теж, окрім алюмінію, цинку легкоплавких матеріалів
Міський газ	2000-2200	1,3-1.5	
Гас	2400-2450	1.7-2,4	Кисневе різання., зварювання легкоплавких металів

6.3 Устаткування для газового зварювання

Для проведення газового зварювання використовується наступне устаткування:

- 1) ацетиленові генератори;
- 2) балони для стиснутих газів;
- 3) редуктори;
- 4) пальники;
- 5) ацетиленові генератори.

Ацетиленові генератори. При газовому зварюванні використовуються різні конструкції ацетиленових генераторів, що розрізняються по продуктивності, за принципом взаємодії карбиду кальцію з водою і за величиною тиску.



1 - завантажувальна корзина; 2 - реторта; 3 - трубка для подачі води.

Рисунок 6.4 - Схема газогенератора системи "вода - карбід"

Найпростіша конструкція у генератора системи «вода на карбід» (рис. 6.4), при якій воду періодично подають на карбід, насипаний у відкритий зверху кошик. Кошик поміщають в горизонтальну циліндричну реторту, що герметично закривається зовні.

На шляху проходження газу від генератора до пальника встановлюють запобіжні водяні затвори, що запобігають проникненню киснево-ацетиленового полум'я в ацетиленовий генератор при зворотному ударі.

Зворотний удар виникає, коли швидкість витікання газів стає меншою швидкості їх горіння.

Балони для стиснутих газів. Балони для кисню і інших стиснутих газів є сталевими циліндричними судинами. У горловині балона зроблений отвір з конусною різьбою, куди вкручується замочний вентиль. Для кожного газу розробляють свої конструкції вентилів.

Кисневим балоном є сталевий циліндр з сферичним днищем. На нижню частину балона насаджують черевик, що дозволяє ставити балон вертикально.

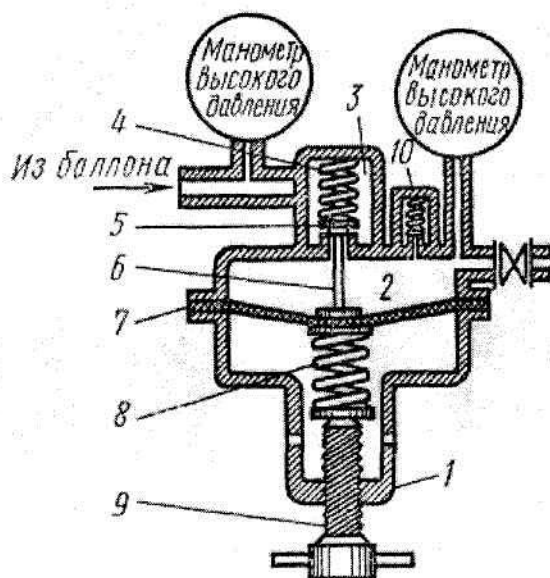
Середня рідинна місткість балона - 40 дм^3 . При тиску 15 МПа (150 атм) він вміщує $\approx 6000 \text{ дм}^3$ кисню.

Ацетиленовий балон по конструкції аналогічний конструкції кисневого балона. Тиск ацетилену в балоні 1,5 МПа (15 атм). У балоні знаходяться пориста маса (активоване вугілля) і ацетон. Розчинення ацетилену в ацетоні дозволяє помістити в малому об'ємі велику кількість ацетилену. Розчинений в ацетоні ацетилен просочує пористу масу і стає безпечним.

Балони фарбують в умовні кольори, залежно від виду газу:

- кисневі балони - в блакитний колір;
- ацетиленові — в білий колір;
- водневі - в темно-зелений колір і так далі

Газові редуктори. Для зниження тиску газу на виході з балона і підтримки його постійного значення застосовують газові редуктори (рис. 6.5).



1 - корпус редуктора; 2 - камера низького тиску; 3 - камера високого тиску; 4 - пружина; 5 - клапан високого тиску; 6 - штовхач; 7 - мембрана; 8 - головна пружина; 9 - регулюючий гвинт;

Рисунок 6.5 - Схема однокамерного редуктора

Кисневі редуктори знижують тиск від 15 МПа (150 атм) до 0.1 МПа (1 атм).

Ацетиленові редуктори — від 1,6 до 0,02 МПа (від 16 до 0,2 атм).

Редуктори, що використовуються в зварювальній техніці, як правило, мають два манометри, один з яких вимірює тиск газу до входу в редуктор, другий - на виході з нього.

Корпус редуктора фарбують в наступні кольори:

- блакитний для кисню;
- білий для ацетилену;
- зелений для водню.

До зварювального пальника газу від редуктора подають через спеціальні гумові шланги. Вони повинні володіти достатньою міцністю, витримувати тиск газу, бути гнучкими і не ускладнювати рухів зварювальника.

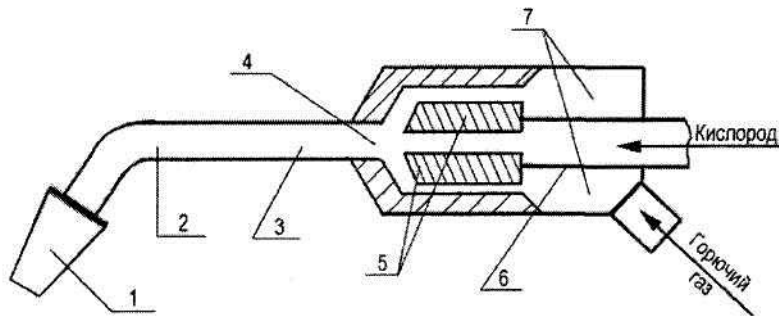
Шланги для кисню випробовують на тиск 20 МПа (200 атм), для ацетилену - 5 МПа (50 атм). Довжина шлангів від 8 до 20 м.

Газозварювальні пальники. Зварювальний пальник - це пристрій, призначений для змішування горючого газу з киснем і отримання зварювального полум'я.

За способом подачі газу в камеру змішувача розрізняють пальники наступних типів:

- інжекторні;
- безінжекторні.

У промисловості найбільш поширений інжекторний пальник, оскільки він безпечніший і працює на низькому і середньому тиску. Схема інжекторного пальника показана на рис. 6.6.



1 - мундштук; 2 - наконечник; 3 - камера змішувача; 4 - камера розрядки; 5 - інжектор; 6 - трубка подачі кисню; 7 — ацетиленові канали.

Рисунок 6.6 - Схема газозварювального інжекторного пальника

У інжекторному пальнику кисень під тиском 0,1 — 0,4 МПа (1-4 атм) по трубці 6 подається до інжектора 5. Виходячи з великою швидкістю з вузького каналу інжекторного конуса, кисень створює значне розрідження в камері 4 і засмоктує горючий газ, що надходить в ацетиленові канали 7 і камеру змішування 3, де утворюється горюча суміш. Суміш надходить по наконечнику 2 до мундштука 1, на виході з якого при згоранні утворюється зварювальне полум'я.

Пальники цього типу мають змінні наконечники з різними діаметрами вихідних отворів інжектора і мундштука, що дозволяє регулювати потужність ацетиленокисневого полум'я.

6.4. Особливості зварювання сталей

Газове зварювання вуглецевих сталей. Можливість застосування газового зварювання при роботі з вуглецевими сталями визначається відсотком наявності в них вуглецю. Чим менше вуглецю, тим вище оцінка зварюваності. І навпаки, чим вуглецю більше, тим гірше зварюваність. Тому при роботі з високовуглецевою сталлю рекомендується паяння або наплавлення, а газове зварювання слід виключити.

Таким чином найкращу зварюваність має низьковуглецева сталь.

Низьковуглецева сталь. Якщо передбачається робота з листами (детальми завтовшки до 5 мм), то ніяких ускладнень при зварюванні не передбачається. Зварювання можливе без застосування флюсів узагалі. Як горючий газ використовується ацетилено-кисень. Після зварювання рекомендується проковування готового шва при температурі вищевирвеного кольору. Зварений виріб необхідно охолоджувати в сповільненому темпі. Щоб виключити появу пористості, необхідно використовувати присадний матеріал, в якому відсоток вуглецю менший, ніж в основному металі.

У випадку, якщо передбачається зварювання металу товщиною більше 5 мм, краще застосувати дугове зварювання із застосуванням електродів, що плавляться, в середовищі вуглекислого газу.

При використанні бутану, пропану або природного газу якість шва буде нижчою, ніж у випадку з ацетилен-киснем.

Середньовуглецева сталь. Ця сталь має тенденцію до загартовування на повітрі, що може стати причиною появи тріщин. Післязварювальне доведення шва включає правильну термообробку, що забезпечує сповільнене охолодження шва. Горючий газ, яким забезпечується отримання якісного шва, - ацетилено-кисень. Застосування газів-замінників виключене. Але і ацетилено-кисень при зварюванні сталей із вмістом вуглецю вище 0,4% не зможе гарантувати якісний шов. Його можна отримати у разі застосування дугового зварювання.

У пропонованих нижче таблицях даний ступінь зварюваності вуглецевих сталей і режими зварювання низьковуглецевих і середньовуглецевих сталей.

Таблиця 6.2 - Зварювальні властивості вуглецевих сталей при використанні газового зварювання

Вміст вуглецю	Зварюваність
Низьковуглецеві сталі	
0,06...0,15 0,15...0,25	Зварюваність хороша. Шов злегка гартується, але обробляється ріжучим інструментом
Середньовуглецеві сталі	
0,25...0,45 0,45...0,6	Зварюваність задовільна. Зварне з'єднання якісне при попередньому нагріванні і подальшій термообробці. Зварюваність задовільна при використанні спеціального флюсу і термообробки.
Високовуглецеві сталі	
0,6-1,7	Зварюваність погана. Рекомендується паяння або наплавлення.

Таблиця 6.3 - Режими зварювання середньо- і низьковуглецевих сталей

Присадний метал	Робочий газ	Флюси	Термообробка	Дод. дані
1	2	3	4	5
Середньовуглецеві сталі				
Св-08ГА Св-08ГС Св-10ГА	Ацетилен	Прокалена бура(для сталі із змістом вуглецю від 0,5 до 0,6%)	При товщині до 3 мм обов'язкове попереднє нагрівання – 300...400°С або локальне (місцеве) нагрівання до 650—700°С. Високотемпературне відпускання виробу після зварювання (600—650°) і наступне охолодження на повітрі	Зварювання здійснювати тільки при плюсовій температурі
Низьковуглецеві сталі				
Св08; Св08А, Св-12ГС; Св-08ГС; Св-08Г2С	Ацетилен	Не потрібний	Не потрібний	Задовільна міцність шва
Св-12ГС; Св-08 ГА; Св-08Г2С	Пропан-бутан	Те ж	Те ж	
Св-12ГС	Міський газ	Не потрібний	Не потрібний	

6.5 Газове зварювання легованих сталей

Газове зварювання для з'єднання легованих сталей, що мають в своєму складі молібден, хром, нікель, титан і інші елементи, виконується з урахуванням особливостей, якими вони володіють. Застосування газового зварювання визначається хімічним складом кожного конкретного виду легованих сталей.

Високохромиста сталь — в ній при тривалому нагріванні відбувається зростання зерен через високий вміст хрому - більше 15%. А оскільки газове зварювання припускає тривалу термічну дію (на відміну від дугового зварювання), то застосування газового зварювання для таких сталей небажано взагалі.

Хромиста сталь, має в своєму складі менше хрому, ніж високохромиста. Небажаного зростання зерен при газовому зварюванні цієї

сталі не спостерігається, однак вона має здатність до гартування на повітрі, що призводить до появи тріщин. Уникнути цього можна, якщо уповільнити швидкість охолодження шва. Для цього, відводячи пальник від шва при закінченні робіт, необхідно продовжувати нагрівати метал полум'ям в радіусі 30...40 мм від готового шва. З викладеного можна зробити висновок, що газове зварювання для хромистих сталей застосовується, однак тільки за умов дотримання правильного термічного режиму.

Хромонікелева сталь. Відразу обмовимося, що газове зварювання цієї сталі із застосуванням газів-замінників ацетилену виключена. Зварювання ацетиленом можливе, але тільки за умов застосування спеціальних флюсів і якщо товщина металу не перевищує 1...2 мм. Подальша термічна обробка шва обов'язкова. Але і при дотриманні всіх перелічених умов механічні властивості шва, виконаного газовим зварюванням, будуть нижчі, ніж у основного металу. Якщо це неприйнятно, то зварювання необхідно вести лише електродами із спеціальними покриттями.

Таблиця 6.4 - Режим газового зварювання легованих сталей

Сталь	Присадний метал	Потужність полум'я (літр/год на 1 мм товщини)	Термообробка
1	2	3	4
Високохромисті (із вмістом хрому більше 15%)	Газове зварювання не рекомендується		
Хромонікелеві (1X18H9T і ін.)	Тільки спеціальні флюси	75—100 лівий спосіб	Як у хромистих сталей
Хромисті (1X13 2X13 і ін.)	Св-19ХГС Св-13ХМА Св-08 Св-08А	75-100 (при лівому способі)	Сповільнене охолодження після зварювання з поступовим відведенням пальника і підігріванням кінцевої ділянки шва або повною термообробкою (для даної марки сталі)
Хромомолібденові 10ХСНД 15ХСНД і ін.)	Св-08, Св-08А Св-10Г2	75—100 (при лівому способі) 100-130 (при правому способі)	Не потрібна
Молібденові (12М, 20М, 20ХМ, 20ХМ)	Св-18ХМА Св-19ХМА	75—100 (при лівому способі) 100-130 (при правому способі)	Після зварювання нагріваючи пальником до 900- 930 °С на ширину, не менш ніж до 5 разів що перевищує ширину шва, потім охолодження на повітрі

Краще всього зварювання хромонікелевих здійснювати аргонодуговим методом. Практика показала, що цей вид зварювання дає найякісніші шви при з'єднанні хромонікелевих сталей.

Молибденова сталь (включаючи і хромомолибденову) також, як і хромисті сталі, має тенденцію до гартування на повітрі при температурі нижче 0°C. Тому газове зварювання можна вести тільки після того, як деталь (деталі) підігріта до 250—300°C. Особливо це важливо при зварюванні в умовах негативних температур і при товщині металу більше 10 мм. Після газового зварювання обов'язкова термообробка із сповільненим охолодженням шва. При дотриманні всіх зазначених умов газове зварювання можливе.

Хромомолибденова сталь. Протипоказань по газовому зварюванні немає при дотриманні умов, викладених в таблиці для легованих сталей.

6.6 Газове зварювання чавунів

Як відомо, чавуни класифікують на три види — білі, сірі і ковкі. Всі три види у свою чергу поділяються на леговані і нелеговані.

Білий чавун. Газозварювальні роботи з білим чавуном можуть виконуватися лише при виправленні браку литва, наплавленні та наварюванні. Сам по собі білий чавун дуже твердий матеріал, що практично не обробляється в машинобудуванні. Білий чавун — важкозварюваний матеріал, дуже рідкотекучий при зварюванні, зовні має світло-сірий злам.

Сірий чавун. застосовується як конструкційний матеріал. Ступінь зварюваності (при газовому зварюванні) залежить від його структури. На практиці вважається якщо злам у сірого чавуну чорний - зварюваність низька, злам грубозернистий, з крупними включеннями графіту—зварюваність обмежена, при світло-сірому зламі зварюваність висока.

Ковкий чавун. Даний вид чавуну найбільш застосовуваний в промисловості внаслідок гарної оброблюваності. Сам по собі ковкий чавун — це результат переробки білого чавуну. Суть цієї переробки в тому, що білий чавун піддається повільному нагріванню протягом декількох діб при температурі 900—1000°C. Потім такими ж повільними темпами відбувається охолодження.

Всі три види чавуну для конкретних цілей можуть бути леговані різними добавками для підвищення їх міцності і поліпшення технологічності.

Основний об'єм зварювальних робіт — це ремонт пошкоджених або зношених деталей або ж виправлення браку литва, обробка термічна або механічна.

Способів зварювання чавуну досить багато. Перш за все, зварювання може проводитися як з розплавленням основного металу, так і без цього. У свою чергу, зварювання з розплавленням металу поділяється на *холодне* і *гаряче*. А зварювання без розплавлення основного металу припускає пайкозварювання з чавунним присадним матеріалом і латунним припоєм.

Холодне зварювання чавунів. Холодне зварювання не потребує попереднього нагрівання деталей. Застосовується воно в тих випадках, коли деталі мають можливість вільно розширюватися без виникнення внутрішніх напруг при нагріванні (і охолодженні). Підготовку кромки можна виконати як механічним, так і термічним способом (розплавити кромки уздовж шва). При термічному способі рідкий чавун повинен швидко видалятися присадним прутком і тут же на кромки наноситься флюс. Полум'я, розплавляючи кромки, видаляє жири, які можуть глибоко проникнути в пористий чавун. Газове зварювання здійснюється ацетилен-кисневим полум'ям. Пальники, які використовуються при цьому, — універсальні Г2 і Г3 (або їх прототипи). Якщо застосовуються гази-замінники ацетилену, то використовуються спеціальні пальники ГЗУ. Можливо використовувати і пальники Г2 і Г3, але вони повинні бути обов'язково укомплектовані наконечниками, які на один номер більші, ніж ті, що використовувалися при ацетилен-кисневому зварюванні.

При використанні газів-замінників ацетилену слід враховувати наступне:

1. Гази-замінники дають менш концентроване і м'якше полум'я, що дає менший нагрів.

2. Ядро факелу буде менш помітним, ніж при використанні ацетилену. Це означає, що робота з газами-замінниками ацетилену вимагає більш високої кваліфікації зварювальника.

3. Збільшується в 2...3 рази витрата кисню.

Ці три недоліки відносяться як до холодного, так і до гарячого зварювання. Саме зварювання проводиться нормальним полум'ям або полум'ям з невеликим надлишком ацетилену. Якщо буде значний надлишок ацетилену, це приведе до утворення пор. Якщо ж процес зварювання буде виконуватися поволі і полум'я при цьому буде таким, що окисляє, то в шві буде велика кількість окислів і шлакових включень.

Присадним матеріалом служить чавунний пруток завдовжки від 400 до 700 мм. Потужність полум'я і діаметр присадного прутка вибирають з урахуванням товщини зварюваної деталі. Є певна залежність діаметру присадного прутка, номера наконечника пальника і площі дефекту, яка зведена в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5

Діаметр прутка (мм)	Площа дефекту (см ²)	Номер наконечника
6	5	5
6-8	5-20	6
8-10	20-30	6
12	більше 30	7

В таблиці 6.6 наведені флюси, які застосовуються при зварюванні чавуну (холодному і гарячому).

Таблиця 6.6 - Флюси

Номер флюсу	Склад флюсу
1	100 плавленої бури
2	100 прожареної бури
3	100 технічної бури
4	56 прожареної бури. 22 вуглекислий натрій, 22 вуглекислі калії
5	50 технічної бури. 50 двовуглекислого натрію
6	23 плавлена бура, 27 вуглекислого натрію, 50 натрієвої селітри
7	50 прожареної бури, 50 натрієвої селітри, 4 гас (понад 100)

Марки і склад прутків для газового зварювання наведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 - Чавунні присадні прутки для газового зварювання

Зварювані деталі	Наплавлений метал (структура)	Марка прутків	Склад прутків
Деталі складного профілю з тонкими стінками	Феритна структура	Б	Кремній до 4 — 5% при невисокому вмісті вуглецю
Великогабаритні відливання (заздалегідь підігріті)	- »-	А	Кремній 3 — 3,5%. при невисокому вмісті вуглецю
-»-	Перлітна структура великої густини	І (з-д «Станко-лит»)	Кремній 4—5%, невисокий вміст вуглецю, легування хромом (0,10%), нікелем (0,10%), титаном (0,10%), оловом (0,3—0,5%)
Деталі складного профілю з тонкими стінками (за наявності місцевого підігріву)	Перлітна структура великої густини	ІІ (з-д «Станко-лит»)	Те ж, але з легуванням міддю замість олова. Мідь - 1,0 -2,5%.

Гаряче зварювання чавунів. При гарячому зварюванні обов'язкове попереднє підігрівання зварюваних деталей. Деталі при нагріванні повинні знаходитися в жорсткому закріпленому каркасі, що дозволить усунути

напруження, що виникають при нагріванні, що згодом, при зварюванні, може привести до утворення тріщин. Якщо нагрівання носить місцевий характер, то жорсткий каркас можна не застосовувати. Крупні деталі нагріваються до температури 500—700°C, а невеликі до 300 - 400°C. Вибір способу нагрівання деталі, виконується залежно від наявних умов. Найкраще здійснювати нагрівання установками індукційного нагрівання із застосуванням струмів промислової частоти, однак найчастіше нагрівання здійснюється полум'яними пальниками, паяльними лампами і, звичайно ж, пальниками індукційного типу ЛГК-15 і ЛГК-25.

Гаряче зварювання здійснюється за тими ж правилами, що і холодне зварювання.

При гарячому зварюванні чавуну обов'язкове застосування флюсів. Потрапляючи в зварювальну ванну, вони запобігають окисленню кромки твердого металу, витягують оксиди і неметалеві включення з розплавленого металу, а також сприяють утворенню плівки, що захищає його від дії газів, полум'я і повітря. Позитивний вплив флюсів позначається також в поліпшенні змочування поверхні твердого металу рідким присадним металом.

Крім того, при зварюванні чавуну можна застосовувати газоподібний флюс БМ-1, який є сумішшю метилбората (70— 75%) з метанолом (25— 30%). Ця суміш у вигляді рідини заливається в спеціальний флюсозмішувач типу КГФ-3, через який пропускається гарячий газ для зварки.

Оскільки флюс легко випаровується, пари його витягуються горючим газом і подаються з ним по рукаву в пальник, де вони згорають в полум'ї. Процес з використанням газоподібного флюсу називається зварюванням газофлюсом. Флюс БМ-1 забезпечує отримання густого, в'язкого шлакового покриття на поверхні зварювальної ванни.

Операції при виконанні газового зварювання наступні.

Перший етап підготовка до зварювання. Для цього треба очистити поверхню полум'я пальника або металевим скребком (щіткою), а якщо буде потрібно, то і зубилом. Кромки треба обробити під кутом 70°.

Другий етап - підігрівання деталі. Мало- і середньогабаритні деталі необхідно підігрівати до температури 300- 400°C, а крупногабаритні - до 500 - 600°C (до появи коричнево-червоного кольору).

Третій етап – встановлення та фіксація деталі. Необхідно встановити деталь в зоні дії витяжної вентиляції з розташуванням дефекту в нижньому положенні і горизонтальній площині (тривалість перерви між закінченням підігрівання і початком зварювання для невеликих відливок нескладної конфігурації не повинен перевищувати 3...5 хв, щоб уникнути охолодження деталі нижче 400°C.

Четвертий етап - нагрівання і обробка поверхні. Слід відрегулювати нормальне полум'я питомої потужності 100...120 л/год на 1 мм товщини металу і відновною його частиною (на відстані 2—3 мм від ядра), рівномірно прогріти кромки дефекту до розплавлення з одночасним нанесенням флюсу і

рівномірним розподіленням його по поверхні дефекту за допомогою присадного прутка.

П'ятий етап — заповнення місця зварювання присадним металом. Розплавити пруток найбільш гарячою частиною полум'я (ближче до ядра) і заповнити дефект (тріщину, іржу) розплавленим присадним металом, додаючи періодично флюс на кінчику прутка.

Необхідно вести зварювання ванним способом (окремими зварювальними ваннами завдовжки 20—50 мм кожна) з підтримкою металу в рідкому стані до повного заповнення дефекту присадним металом; при заварюванні крайових дефектів підтримувати ванну в напіврідкому стані (для виключення стікання металу) за рахунок періодичного відведення полум'я від місця дефекту для охолодження ванни і зміни кута нахилу пальника до поверхні виробу з 80 до 10°.

Видаляти неметалеві включення з ванни в процесі зварювання за допомогою флюсування рідкого металу і інтенсивного його перемішування присадним прутком.

Шостий етап - це закінчення процесу зварювання. Спочатку поступово відводять пальник від поверхні ванни на 50—60 мм і наплавлений метал підігрівають полум'ям протягом 0,5...1,5 хв, накривають деталь листовим азбестом для сповільненого охолодження металу шва і забезпечення властивостей зварного з'єднання, рівноцінних з властивостями основного металу.

Останнім слідує *етап термообробки*. Деталі нагріваються, дрібні — до 300—400°C, крупні—до 500—600°C з подальшим повільним охолодженням.

Низькотемпературне зварювання чавуну. Цей спосіб зварювання без розплавлення основного металу, тому він застосовується в основному на останніх стадіях обробки деталі. Нижча температура зварювання зменшує можливість появи деформацій, тріщин, структур відбілювання (при охолодженні).

При цьому способі утворюється таке ж з'єднання, як і при паянні, тобто рідка ванна не утворюється. Плавленню піддається лише присадний пруток.

Низькотемпературне зварювання чавуну здійснюється двома способами: з латунними припоями і з чавунними присадними прутками.

Зварювання з латунними припоями (пайкозварювання). Основна перевага цього способу — в низькій температурі нагрівання - до 650—750°C. Це досягається шляхом застосування спеціальних флюсів і припоїв (присадних прутків), характеристики яких дані в пропонованих нижче таблицях.

Зварювання з латунними припоями ведеться ацетиленокисневим полум'ям. Допускається і використання газів-замінників ацетилену. Потужність полум'я загалом і в цілому повинна відповідати витраті ацетилену в межах 60-75 літрів в годину і бутану (пропану) 50-60 л/год на 1 мм товщини металу. Залежно від потужності полум'я вибирається і номер наконечника пальника. Присадні прутки, припої і флюси для

низькотемпературного пайкозварювання чавуну представлені таблицях 6.8, 6.9.

Технологія пайкозварювання. Першим етапом є процес підготовки до пайкозварювання. Місце наплавлення і прилегла поверхня очищаються від бруду, оксидів, інших забруднень. Очищення проводиться полум'ям пальника і металевою щіткою.

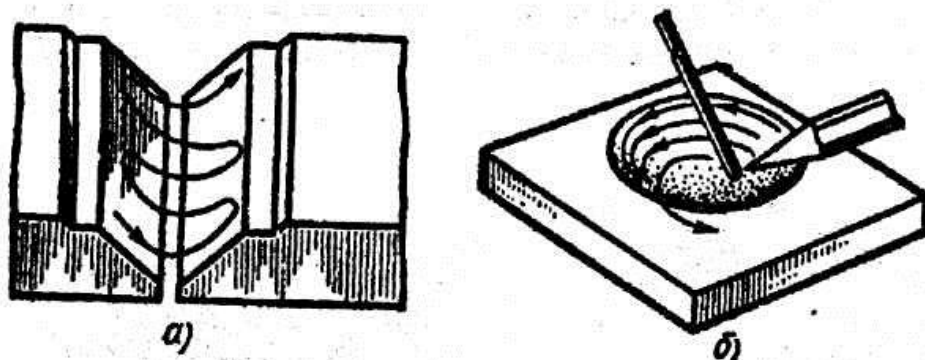
Таблиця 6.8 - Флюси для низькотемпературного пайкозварювання чавуну

Призначення	Марка	Температура зварювання, С°
Для низькотемпературного зварювання чавуну чавунними прутками	ФСЧ-2	900-950
Для низькотемпературного зварювання чавуну латунними припоями	ФПСН-1	650-750
Те ж	ФПСН-2	650-750
Для низькотемпературного зварювання чавуну чавунними прутками	МАФ-1	750-800

Таблиця 6.9 - Присадні прутки і припої

Марка	Призначення	Область застосування
НЧ-2	Низькотемпературне пайкозварювання чавуну чавунними прутками	Для заварювання дефектів в тонкостінних відливках
УНЧ-2	Те ж	Для заварювання дефектів в товстостінних відливках з отриманням щільного металу шва
ЛОК-59-1-03	Низькотемпературна пайкозварювання чавуну латунними припоями з «бензиновим» процесом плавлення	Для заварювання дефектів, коли до наплавлення не пред'являються вимоги одноколірної і однакової твердості з чавуном
ЛОМНА-49-05-10-4-0,4 СГУЦМО-03-9362)	Низькотемпературна пайкозварювання чавуну латунними припоями	Для заварювання дефектів, коли до наплавлення пред'являються вимоги одноколірної з чавуном

Другий етап — обробка майбутнього місця наплавлення (дефекту). Тут можуть бути задіяні: зубило, свердло, фреза, інші механічні способи обробки поверхні. Схематично обробки дефекту під пайкозварювання зображене на рис. 6.7.



а - з поздовжньою обробкою; *б* - з дефектом типу „раковина”

Рисунок 6.7 - Схема процесу низькотемпературного пайкозварювання чавуну чавунним присадним матеріалом при виправленні дефектів.

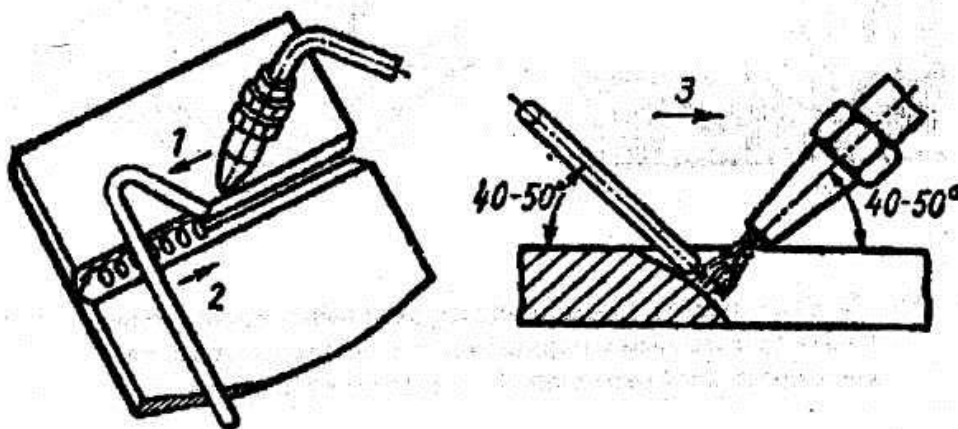
Третій етап – встановлення та нагрівання деталі. Сама деталь повинна бути встановлена в зоні дії витяжної вентиляції з розташуванням дефекту в нижньому положенні і горизонтальній площині. Нагрівати поверхню необхідно до 300-350°C.

Нанести на поверхню дефекту флюс і нагрівати його факелом полум'я, а не ядром, щоб уникнути видування. Пальник нахилити під кутом 50...60°. На рис. 6.8 представлене пайкозварювання правим способом.

Продовжити нагрів кромки дефекту до температури 750...800°C при використанні прутків УНЧ-2 і флюсу МАФ-1 або до 900...950°C при застосуванні прутків НЧ-2 і флюсу ФСЧ2. Одночасно нагрівати кінець прутка до оплавлення і вмоčiti його у флюс.

Рівномірно розподілити флюс на поверхні дефекту кінцем прутка. Розплавити кінець прутка тертям його по нагрітій поверхні.

Четвертий етап - заповнення місця обробки розплавленим металом. Для цього розплавити пруток найбільш гарячою частиною факела полум'я (на 2...3 мм від ядра). Заповнити об'єм раковини краплями рідкого присадного металу і ванним методом, переміщаючи пальник і пруток по гвинтовій лінії або круговими рухами, залежно від виду дефекту—див рис. 6.7, б.



1 - рух пальника; 2 - рух прутка; 3 - рух пальника і прутка

Рисунок 6.8 - Правий спосіб пайкозварювання.

Проводити наплавлення необхідно за один прохід при товщині металу до 6 мм і за два проходи при товщині 8...12 мм.

При цьому потрібно періодично додавати флюс в розплавлений метал і безперервно перемішувати метал прутком, дотикаючись стінок дефекту.

П'ятий етап - охолодження місця напайки (зварювання). Заварену ділянку поступово охолоджують під полум'ям пальника протягом 1,5...3 хв. Після цього, забезпечуючи сповільнене охолодження, поволі відводять пальник. В кінці потрібно очистити шов від залишків флюсу і промити його водою.

6.7 Порядок виконання роботи

1. Для зразків вибрати спосіб зварювання (лівий чи правий), обґрунтувати.
2. Зачистити пластини, що зварюються, полум'ям пальника.
3. Підігріти деталі.
3. Встановити деталі в зоні витяжної вентиляції.
4. Відрегулювати потужність газового полум'я згідно рекомендацій методичних вказівок чи довідкової літератури (витрата ацетилену при лівому зварюванні 100...130 дм³ на 1 мм товщини, при правому 120...150 дм³).
5. Підібрати діаметр присадного дроту (при правому зварюванні $d=s/2$, при лівому $d=s/2+1$)/
6. Визначити кут нахилу пальника в залежності від товщини металу, користуючись графіком рис. 6.2.
5. Рівномірно прогріти кромки деталей, що зварюються, до розплавлення з одночасним нанесенням флюсу (при потребі), рівномірно розмішати флюс за допомогою присадного прутка.
6. Заповнити місце зварювання присадним матеріалом
7. Закінчити процес зварювання шляхом підігрівання металу полум'ям та наступного повільного охолодження під азбестовим листом.
8. Провести термообробку (при потребі) шляхом підігрівання деталей та повільного охолодження.
9. Виміряти геометричні розміри шва та оцінити якість шва.
10. Всі параметри та особливості зварювання конкретних деталей зазначити в звіті.

6.8. Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Методику постановки лабораторної роботи.
2. Опис устаткування, газів та характеристику деталей, що зварюються.
3. Режими виконання зварювання.
4. Параметри зварювального шва.
5. Операції зварювання.
6. Висновки й пояснення отриманих результатів.
7. Відповіді на контрольні питання

Контрольні питання

1. Яка область використання газового зварювання?
2. Які гази використовуються при газовому зварюванні?
3. Яке устаткування використовується при газовому зварюванні?
4. Які особливості газового зварювання середньовуглецевих сталей?
5. Які особливості газового зварювання чавунів?
6. В чому полягає гаряче зварювання чавунів?
7. В чому полягає холодне зварювання чавунів?
8. В чому полягає низькотемпературне зварювання чавунів?

Література

- 1 Дальский А.М., Арутюнова И.А., Барсукова Т.М. и др. Технология конструкционных материалов. – М.: Машиностроение, 1985 – 441 с.
- 2 Дубинин Н.П., Лиференко Н.Н., Хренов А.Д. и др. Технология металлов и других конструкционных материалов. – М.: Высшая школа, 1977. – 496 с.
- 3 Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевин В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 278 с.
- 4 Сварка и сварочные материалы / под ред. Макарова Э.Л. – М.: Металлургия, 1991. – в 3х т.
- 5 Сварка и свариваемые материалы / Справочник в 2х т., под ред. Миличенко С.С. – М.: Изд – во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996. – в 2х т.
- 6 Фетисов Г.П., Кариман М.Г., Матюнин В.М. и др. Материаловедение и техно-логия металлов. – М.: Высшая школа, 2001 – 638 с.

Лабораторна робота №7

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Мета роботи:

Вивчити технологічні особливості газового зварювання міді, алюмінію та їх сплавів

7.1. Технологічні особливості газового зварювання міді та сплавів на основі міді

При зварюванні деталей з кольорових металів на першому місці за статистикою стоять роботи з металами і сплавами мідної групи (мідь, латунь, бронза). За ними слідують алюміній і його сплави.

Зварювання деталей з міді та мідних сплавів. При зварюванні мідних сплавів слід мати на увазі, що мідь сильно окислюється. Оксид, що утворюється, знижує пластичність і механічну міцність зварного шва. Крім того, з'являються дрібні тріщини в розплавленому металі. Це пояснює необхідність обов'язкового використання флюсів при роботах з міддю. Роль флюсів полягає в розчиненні окислів, що утворюються при зварюванні. Окисли трансформуються в легкоплавкі шлаки. Для запобігання

утворюванню окислів міді (Cu_2O) в металі шва, використовують присадки (марганець, кремній). Для досягнення вказаної мети рекомендується і використання міді з пониженим вмістом кисню (до 0,01%). Флюси і присадні метали дані в таблицях 7.1, 7.2.

Таблиця 7.1 - Флюси для газового зварювання міді

№ флюсу	Склад, %						
	Бура прогартована	Борна кислота	Калій фосфорнокислий	Кварцевий пісок	Дерев'яне вугілля	Поварена сіль	Вуглекислий калій (поташ)
1	100	—	—	—	—	—	—
2	--	100	—	—	—	—	—
3	50	50	—	—	—	—	—
4	75	25	—	—	—	—	—
5	50	35	15	—	—	—	—
6	50	--	15	15	20	—	—
7	70	10	—	—	—	20	—
8	56	—	—	—	—	22	22

Таблиця 7.2 - Метали присадні

Призначення	Марка міді	Склад
1	2	3
Для відповідальних конструкцій невеликої товщини	М-1	Мідь чиста електролітична
Для відповідальних конструкцій	МCr-1	Мідь з 0,8—1,2% срібла
Те ж	МНЖ-5-1	Мідь з розкислювачем — 0,2% фосфору
Те ж	МНЖКТ-5-1-0,2-0,2	Мідь з розкислювачем — 0,2% фосфору і 0,3% кремнію, 0,2% марганцю
Для слабонавантажених конструкцій	М-0	Мідь для розкислювачів

Додаткові труднощі виникають при газовому зварюванні міді через її унікальні теплофізичні властивості. Мідь володіє високою теплоємністю і теплопровідністю (у 6...7 разів вище, ніж у сталі), підвищеним коефіцієнтом лінійного розширення при нагріванні (у 1,5 разу вищий, ніж у сталі).

Ці властивості обумовлюють більшу, ніж при зварюванні сталі, зону термічного впливу і приводять до появи значних теплових деформацій, які можуть викликати при охолоджуванні зварного шва значні напруження.

Деякими технологічними прийомами можна усунути небажані наслідки, що виникають при зварюванні міді. Наприклад, зварювання можна вести на збільшених швидкостях. Це зменшить час зіткнення полум'я з рідким металом. Для цього треба заздалегідь підігріти зварювані кромки. Наконечник для зварювання міді повинен бути на 1...2 номери більший, ніж наконечник для зварювання сталі. Зруйнувати оксидні прошарки після зварювання можна шляхом проковування шва в гарячому стані. Зазвичай мідь зварюється у вигляді стикових і кутових з'єднань. Таврове з'єднання і зварювання в кромку застосовується тільки при ремонті, внахлест мідь не зварюється. Мідь зварюється лише в один шар, так як при накладенні другого шару велика вірогідність появи тріщин. При зварюванні міді необхідно витримувати технологічну послідовність операцій. Інакше отриманий зварний шов не відповідатиме вимогам, що висуваються.

Зварювання виконується за наступними етапами. *Перший етап* — підготовка деталей, що зварюються. Для цього треба зачистити як кромки зварюваних виробів (деталей), так і прилеглу до них поверхню металу. Очищати можна як механічним, так і хімічним шляхом. Потім необхідно зібрати зварювані деталі, закріпити їх (краще всього в кондукторі) і зробити прихватки.

Прихватки - це короткі шви (не більше 5 мм) з інтервалом між ними в 70...100 мм. Якщо зварюються деталі, що мають значну товщину, то довжина прихваток складе не менше 20 мм при інтервалі між ними в 400...500 мм.

Другий етап - встановлення зварюваної деталі (зварюваних деталей). Зварювані деталі треба розташовувати під кутом 7...10° до горизонтальної площини, щоб краще заповнювалися зазори кромок.

Третій етап - встановлення режиму зварювання. Потужність пальника регулюється, виходячи з наступного розрахунку - 155...175 л/год ацетилену на 1мм зварюваної товщини (при товщині 3...4 мм). Якщо товщина більша, близько 8...10 мм, - 175...225 л/год на 1 мм товщини. Полум'я повинно бути нормальним, м'яким.

Четвертий етап - зварювання. Зварювані кромки нагріваються, на них у вигляді пасти наноситься флюс. Флюсом покривається і присадний пруток. Розплавляється присадний пруток, який розміщується над місцем зварювання близько від зварювальної ванни, для зменшення її оксидування.

Встановлюється пальник під кутом нахилу до зварюваного виробу 30...40°, присадний дріт – 30...40%, при цьому розміщується ядро факелу на відстані 6...10 мм від розплавленого металу і виконується зварювання відновною зоною полум'я в один прохід від низу до верху: лівим способом при товщині листів до 5 мм, а при більшій товщині - правим способом.

Під час зварювання періодично додається флюс безпосередньо в зону зварювання на кінчику присадного дроту, при безперервному перемішуванні рідкого металу.

П'ятий етап - завершення процесу зварювання.

Після зварювання шов проковується: при товщині листів до 4 мм - в холодному стані, при великій товщині - при температурі до 500°C, при цьому

використовуються запобіжні засоби проти різкого охолодження зварного з'єднання під впливом протягів або притоку холодного повітря.

Очищується шов 2% розчином сірчаної або азотної кислоти і промивається водою для видалення залишків флюсу.

Зварювання латуні. Латунь - це сплав міді з цинком (цинку може бути до 55%). Якщо мова йде про спеціальні латуні, то це означає, що в сплав включаються додатково різні легуючі добавки (свинець, нікель, олово). Як і мідь, латунь є важкозварюваним сплавом. Основні труднощі процесу пов'язані з вигоранням цинку і поглинання газів розплавленим металом. Шкідливі наслідки - утворення пор і зниження механічної міцності з'єднання. До того ж, сплав із вмістом цинку більше 20% дуже часто розтріскується після деформації в холодному стані. Щоб добитися усунення цих недоліків застосовуються особливі технологічні прийоми.

Обробка зварних з'єднань з латуні після зварювання проводиться аналогічно як і при зварюванні міді. Проте, на відміну від міді, температура проковування латуні залежить не від товщини зварюваної деталі, а від вмісту цинку в основному металі.

Холодне проковування алюмінієвим молотком або пневмомолотком застосовують для латуні, що містить менше 40% цинку.

Латунь, що містить більше 40% цинку, піддають проковуванню при температурі 650°C, що відповідає нагріванню металу до темно-червоного кольору.

Таблиця 7.3 - Усунення тріщин, пор, вигорання цинку при зварюванні латуні

Дефект	Методи усунення	Результат
Утворення тріщин	Багатошарове зварювання методом ступеневого і оберненоступеневого зварювання. Легування шву кремнієм і бором, застосування відповідних марок присадного металу (ЛК62-0,5 і ЛКБО). Виконання після зварювання низкотемпературного відпалу при температурі 270... 300°C	Зменшення гарячоломкості латуні Зменшення гарячеломкості латуні в інтервалі температур 200— 600 °C Зняття залишкових напружень, що виникають при виготовленні зварних конструкцій. Оберігання латуні від корозійного розтікання

Вигорання цинку	Використовувати присадні дроти типів ЛК і ЛКБО, що містять добавки кремнію і бору Зварювання виконується лівим способом Виконання зварювання окислювальним полум'ям з співвідношенням кисню до ацетилену 1,3—1,4. Застосування спеціальних флюсів на основі борних з'єднань з добавками кремнію, алюмінію, олова і т. д. Нагрівати метал не ядром полум'я, а з розміщенням його на відстані 7 — 10 мм від зварювальної ванни	На поверхні зварювальної ванни утворюється плівка шлакового покриття, яка ускладнює випаровування цинку, але не перешкоджає виділенню газів з розплаву. Зменшується перегрівання металу шва і, відповідно і випаровування цинку оскільки полум'я не направлено на зварену частину шва. На поверхні розплавленого металу утворюється плівка оксидів, яка зменшує вигорання цинку. На поверхні рідкої ванни утворюється захисна плівка, яка захищає метал від випаровування цинку. Зменшується перегрівання рідкого металу і випаровування з нього цинку
Утворення пор	Застосування присадних металів і флюсів на основі борних з'єднань Проводити зварювання окислювальним полум'ям	На поверхні розплавленого металу утворюється шлакове покриття яке не перешкоджає виділенню водню і інших газів з розплаву при кристалізації шва. Надлишковий кисень зв'язує вільний водень полум'я і сприяє отриманню щільного металу шва

Слід зазначити, що пари цинку, що містяться в латуні, отруйні а отже необхідно вживати заходів для захисту органів дихання. Краще всього застосовувати респіратор або забезпечити бездимний технологічний процес. Порошкоподібні флюси, що використовуються при зварюванні латуні:

флюс № 1 складається виключно з прожареної бури;

флюс № 3 складається з 80% борної кислоти і 20% прожареної бури;

флюс № 200 складається з 70% борної кислоти, 21% прожареної бури і 9% фтористого кальцію.

Зварювання бронзи. Бронза - це сплав міді з оловом (олов'яниста бронза) алюмінієм (алюмінієва бронза), кремнієм (крем'яниста бронза) і так далі. До складу бронзи можуть входити і інші елементи.

Процес газового зварювання може застосовуватися переважно для олов'яної бронзи, алюмінієва і кремнієва бронза зварюється в основному дуговим або аргонодуговим зварюванням.

Таблиця 7.4 - Зварювання бронз, галузі застосування

Група	Марка	Застосування	Способи зварювання
Олов'яна бронза із вмістом олова до 20%	БрОЦ8-4 БрОЦ10-2 БрОЦСб-6-3	Фасонне литво і арматура	Газова зварювання
Алюмінієва бронза. Склад алюміній до 10%, легований марганцем, залізом, нікелем	БрАМ10-3-7-5 БрАЖ9-4 БрАЖН-10-4-4 БрАЖН-11-6-6	Фасонне литво і арматура	Через понижену зварюваність зварювання краще вести вугільним електродом. Газове зварювання застосовується рідко
Крем'яниста бронза кремнієвомарганцевисті, бронза легована кремнієм і марганцем, з добавкою заліза, нікелю і др.	БрКМц3-1	Застосовуються в хімічній і харчовій промисловості (можливе застосування і в інших галузях)	Хороша зварюваність. Добре з'єднуються дуговим зварюванням. Газове зварювання застосовується досить рідко

Перший етап — підготовка деталей до зварювання. Це очищення поверхні від окалини, від залишків формувальної суміші (якщо такі є), інших відкладень. Зачищення необхідно проводити металевою щіткою до появи металевого блиску. Потім слідує етап обробки кромки V-подібного профілю під 70...90°. Після цього, враховуючи шкідливість випаровувань олов'яної бронзи, закріпити деталі, що сполучаються, в зоні дії витяжної вентиляції в нижньому положенні, оскільки бронза володіє великою текучістю в розплавленому стані. Під майбутній шов необхідно підвести підкладки з графіту або азбесту. Зварювання проводити краще всього ацетиленом, але можна застосувати і газ-замінники (бутан, пропан). На пальнику відрегулювати м'яке нормальне полум'я з розрахунку 70...120 л/год на 1 мм зварюваної товщини. На кромки деталей і на присадний метал нанести флюс. Флюси використовуються ті ж, що і при зварюванні міді. Якщо метал холодний, підігріти його до температури 250...300°C. Потім розташувати мундштук пальника під прямим кутом до поверхні металу і розплавити кромки, що сполучаються, і присадний матеріал. Ядро полум'я пальника повинно знаходитися на відстані 7...10 мм від рівня розплавленого металу (зварювальної ванни). Це необхідно для того, щоб зварювальна ванна не перегрілася і не почалося вигорання олова. В процесі зварювання необхідно добре перемішувати зварювальну ванну присадним прутком і періодично додавати в рідкий метал флюс, який видалятиме оксиди, що утворюються. Як присадний матеріал при зварюванні олов'янистої бронзи треба використовувати дріт БрОФ6,5-0,4 або БрОЦ4-3 з добавкою фосфору. Якщо

таких немає у наявності, можна використовувати бронзові смужки, але тільки обов'язково тієї ж марки, що і зварюваний метал.

Після закінчення зварювальних робіт провести термообробку деталі (виробу) і видалити залишки флюсу шляхом промивки шва 2% розчином сірчаної або азотної кислоти.

7.2. Технологічні особливості газового зварювання алюмінію та його сплавів

Зварювання алюмінію ускладнене через те, що на розплавленій ділянці відразу утворюється тугоплавка плівка оксиду алюмінію. Для усунення цього явища використовується присадний дріт із спеціальними флюсами, які розчиняють плівку, перетворюючи її в шлак.

Алюмінієві сплави поділяються на дві групи: ті що деформуються і ливарні.

Найбільш поширені сплави, що деформуються, — це сплави алюмінію з марганцем (АМц) і магнієм (АМг), а також термозміцнюючі сплави з міддю типів Д1 і Д6 (дюралюміній). З ливарних сплавів найчастіше застосовуються різні види силуміну (сплаву алюмінію з кремнієм) типів Ал2, Ал4 і Ал9.

Останніми роками зварювання алюмінієвих сплавів, що деформуються, проводиться переважно дуговими методами і, зокрема, аргонодуговим зварюванням. Газове зварювання використовується за відсутності такої можливості.

Ливарні алюмінієві сплави добре піддаються газовому зварюванню і цей метод, нарівні з аргонодуговим зварюванням, широко застосовується при заварюванні дефектів литва і при ремонті.

Ще одна особливість, яку проявляють алюмінієві сплави при зварюванні, - це наявність високого коефіцієнта лінійного розширення (майже в два рази більшого, ніж у низьковуглецевої сталі). Наслідком цього є те, що напруження, що виникають при зварюванні, і деформації при поєднанні з надмірно швидким охолодженням ведуть до появи тріщин. Тому всяке відхилення від правильного режиму зварювання і охолодження може привести до браку всього виробу.

Для правильного охолодження необхідно укрити відливку азбестом або засипати піском і забезпечити після зварювання повільне його охолодження, не залишаючи на протягах або в холодному приміщенні. Провести проковування відливка, суміщаючи його з відпалом при температурі 300...350°C і з витримкою в печі протягом 2...5 год для зняття залишкових напруг і поліпшення механічних властивостей зварного з'єднання. Нарешті, при зварюванні алюмінієвих сплавів необхідно враховувати його схильність до пороутворення через розчинення водню, що міститься в полум'ї. Для зменшення вірогідності виникнення пористості необхідно зменшити швидкість зварювання і використовувати попереднє підігрівання зварюваних деталей.

При газовому зварюванні алюмінію і його сплавів найчастіше застосовують ацетилен, але може бути застосований і водень (для товщини до 1,2 мм), пропан-бутан (для товщини до 3 мм) і інші гази-замінники.

Зварювання повинно проводитися м'яким (при тиску кисню 0,15...0,2 МПа) нормальним полум'ям. Використання полум'я з надлишком ацетилену приводить до збільшення пористості зварного з'єднання, а застосування окислювального полум'я неприпустимо, оскільки воно сприяє утворенню оксиду алюмінію.

Основний вид з'єднань алюмінію і його сплавів при газовому зварюванні - стиковий. Обробка кромки може бути різною. Нахлестові і таврові з'єднання не рекомендуються, оскільки з них важко усувати флюси і шлаки.

Якщо зварюються пластини, то початок зварювання треба проводити, відступивши від краю на 80 мм. Зварювальний процес при цьому вести зворотньоступеневим методом. Це означає, що пропущену ділянку треба зварювати у зворотному напрямку.

Якщо деталь сягає товщини 10 мм і більш, треба прогріти її перед зварюванням до температури 300°C.

Режими зварювання сплавів алюмінію наведено в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 - Режими зварювання сплавів алюмінію

Спосіб зварювання	Товщина деталі	Номер наконечника пальника	Діаметр присадного дроту	Тиск кисню, (МПа)	Витрата ацетилену (літр за годину)
Правий	5,0-10,0	3-5	4,0-6,0	0,25-0,3	400-700
-»-	10,0-15,0	3-6	5,0-8,0	0,3-0,35	700-1200
-»-	15,0-25,0	5-6	5,0-8,0	0,35-0,4	900-1200
-»-	більше 25,0	5-6	8,0-10,0	0,4-0,6	900-1200
Лівий	до 1,5	0-1	1,5-2,5	0,15	50-100
-»-	1,5-3,0	1—2	2,5-3,0	0,2	100-200
-»-	3,0-5,0	2-3	3,0-4,0	0,2	200-400

Таблиця 7.6 - Присадні метали

Зварювані матеріали	Основне призначення присадки	Марка присадки
При поєднанні сплавів АМц і АМгЗ, а також сплавів АМгЗ з алюмінієм А13	Для зварювання сплавів, що деформуються	Св-АМгЗ
Чистий алюміній типів А1, А2, АЗ	Для зварювання чистого алюмінію	Св-АГ
Чистий алюміній типів А1, А2, АЗ	Те ж	Св-АВОО
Сплави системи, що деформуються	Для зварювання сплавів, що деформуються	Св-АМг5
Те ж	Те ж	Св-АМгб
Те ж	Те ж	Св-АМг7 Св-АКЗ
Ливарні алюмінієві сплави системи	Для зварювання ливарних сплавів	Сб-АКС
Те ж	Те ж	Св-АКЮ Св-АК12

Таблиця 7.7 - Ступінь зварюваності газом алюмінію і його сплавів

Група	Марка	Характеристика зварюваності
Ливарні сплави		
Алюмінієво-кремнієві (типу силумін) із вмістом від 4 до 13% кремнію	Ал2 Ал4 Ал9	Задовільна Задовільна Задовільна
Сплави, що деформуються		
Алюмінієво-марганцеві із вмістом від 1 до 1,6 %	АМц	Хороша
Алюмінієво-марганцеві із вмістом від 2 до 6% магнію	АМН АМгЗ АМг5 АМгб	Задовільна Хороша Задовільна Задовільна
Алюмінієво-мідні (типу дюралюмінію)	Д1 Д16	Погана Погана
Термозміцнювані сплави	АВ АК В95	Погана Погана Погана

7.3 Порядок виконання роботи

1. Зачистити пластини, що зварюються, щіткою або хімічним способом.
2. Закріпити деталі в певному положенні (згідно рекомендацій), виконати прихватки.
3. Встановити деталі в зоні витяжної вентиляції.
4. Відрегулювати потужність газового полум'я згідно рекомендацій методичних вказівок чи довідкової літератури.
5. Рівномірно прогріти кромки деталей, що зварюються, до розплавлення з одночасним нанесенням флюсу (при потребі), рівномірно розмішати флюс за допомогою присадного прутка.
6. Заповнити місце зварювання присадним матеріалом
7. Закінчити процес зварювання шляхом підігрівання металу полум'ям та наступного повільного охолодження під азбестовим листом.
8. Провести проковування шва (при потребі) .
9. Очистити шов від залишків флюсу.
10. Виміряти геометричні розміри шву.
10. Всі параметри та особливості зварювання конкретних деталей зазначити в звіті.

7.4. Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Методику постановки лабораторної роботи.
2. Опис устаткування, газів та характеристики деталей, що зварюються.
3. Режими виконання зварювання.
4. Параметри зварювального шва.
5. Операції зварювання.
6. Висновки й пояснення отриманих результатів.
7. Відповіді на контрольні питання

Контрольні запитання

1. Які особливості зварювання міді?
2. Які особливості зварювання бронз?
3. Які особливості зварювання латуней?
4. Які особливості зварювання алюмінію та алюмінієвих сплавів?

Література

- 1 Дальский А.М., Арутюнова И.А., Барсукова Т.М. и др. Технология конструкционных материалов. - М.: Машиностроение, 1985 - 441 с.
- 2 Дубинин Н.П., Лиференко Н.Н., Хренов А.Д. и др. Технология металлов и других конструкционных материалов. — М.: Высшая школа, 1977. - 496 с.

- 3 Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевин В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. - М.: Машиностроение, 1977. - 278 с.
- 4 Сварка и сварочные материалы / под ред. Макарова Э.Л. - М.: Металлургия, 1991.-в 3х т.
- 5 Сварка и свариваемые материалы / Справочник в 2-х т., под ред. Миличенко С.С. - М.: Изд - во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996. - в 2х т.
- 6 Фетисов Г.П., Кариман М.Г., Матюнин В.М. и др. Материаловедение и технология металлов. - М.: Высшая школа, 2001 - 638 с.
7. Сварка, резка, пайка металлов. ООО «Аделант», 2007. 192 с.

Навчально-методичне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
з дисципліни “Зварювання плавленням” для студентів
спеціальності
132 „Матеріалознавство”

Укл.: проф., к.т.н. Солових Є.К., к.т.н., доц. М.В. Красота,
к.т.н, доц. С.І. Маркович, к.т.н., доц. І.В. Шепеленко, к.т.н., ст.викл. О.Ю.
Жулай, ас. М.М. Труш,

Рецензент: С.І. Маркович

Здано до тиражування . . 2016. Підписано до друку . . 2016.

Формат -----. Папір газетний. Ум. друк . арк. ----. Тир. 50 прим.

© РВЛ КНТУ, м. Кіровоград, пр. Університетський, 8. Тел. 597-541, 597-551

Зам. № /2016